



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX*
OVERHEAD CRANE 10 TON DI PT. INKA (Persero)
MADIUN DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS***

**TOMY KARUNIA SETIAWAN
NRP. 2112 030 058**

Dosen Pembimbing 1
Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.
NIP. 196107141988031003

Dosen Pembimbing 2
Ir. Winarto, DEA
NIP. 196012131988111001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



TUGAS AKHIR - TM 145502

**ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX*
OVERHEAD CRANE 10 TON PT. INKA(Persero)
MADIUN DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS***

**TOMY KARUNIA SETIAWAN
NRP. 2112 030 058**

Dosen Pembimbing 1
Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.
NIP. 196107141988031003

Dosen Pembimbing 2
Ir. Winarto, DEA
NIP. 196012131988111001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TM 145502

***GEARBOX FAILURE ANALYSIS OF OVERHEAD
CRANE 10TON PT. INKA(Persero) MADIUN WITH OIL
USED ANALYSIS METODE***

**TOMY KARUNIA SETIAWAN
NRP. 2112 030 058**

Counselor Lecturer I
Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc.
NIP. 196107141988031003

Counselor Lecturer II
Ir. Winarto, DEA
NIP. 196012131988111001

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi of Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX* *OVERHEAD CRANE 10 TON* PT. INKA (Persero) MADIUN DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Ahli Madya

pada

Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

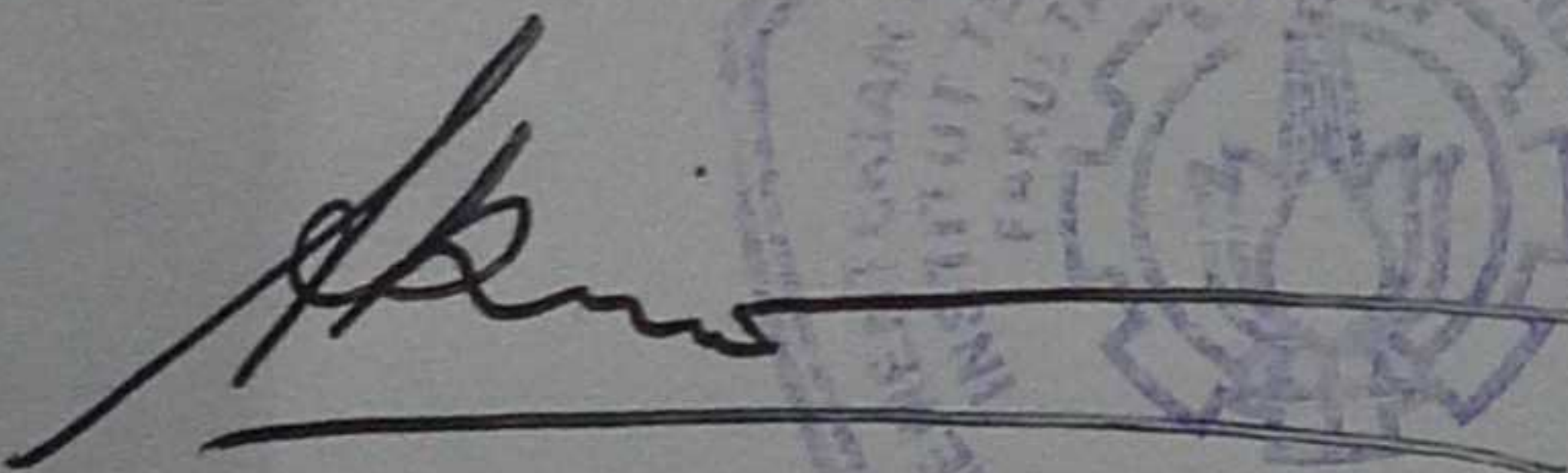
Oleh :

TOMY KARUNIA SETIAWAN
NRP 2112 030 058

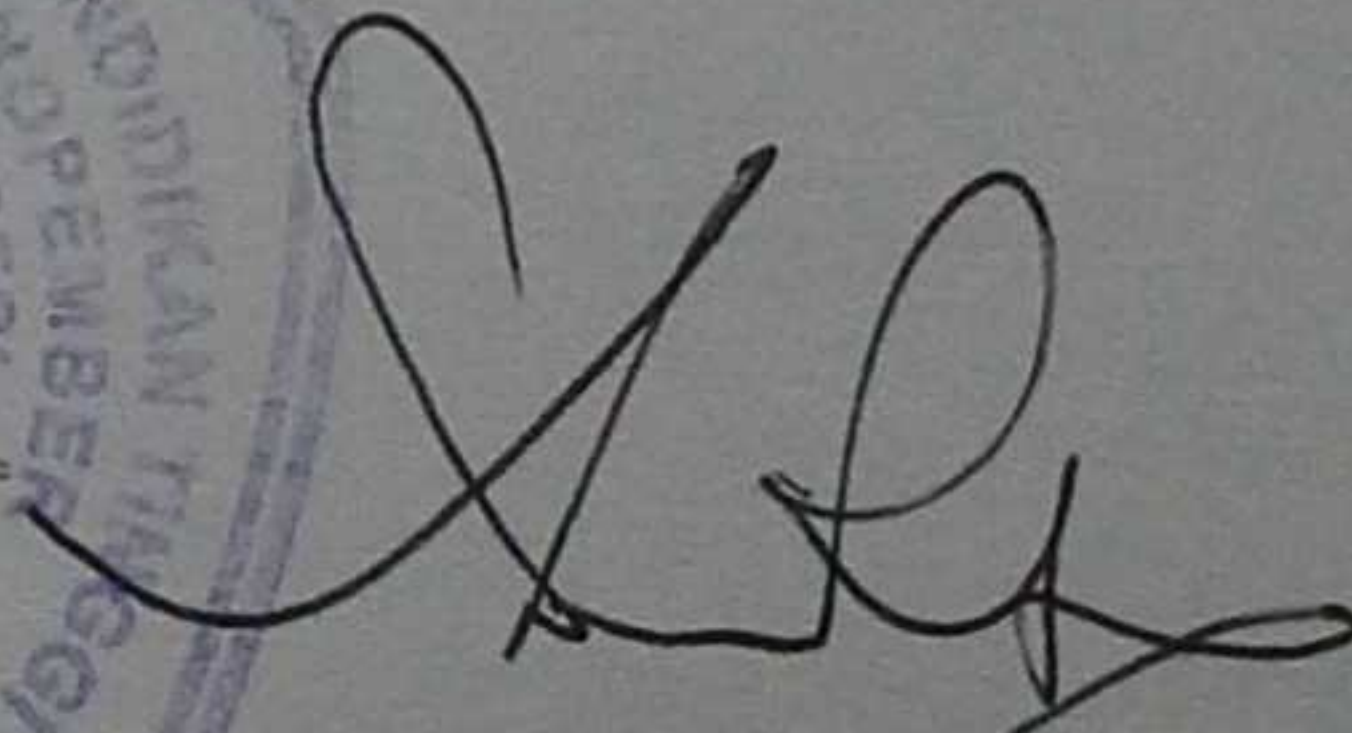
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Arino Anzip, M.Eng, Sc
NIP 19610602 198701 1 001



Ir. Winarto, DEA
NIP. 196012131988111001

SURABAYA, JULI 2016

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat serta hidayah-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul “ANALISA KERUSAKAN PADA *GEARBOX HOIST CRANE 10 TON* PT. INKA (Persero) MADIUN DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS*” dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember untuk bisa mencapai kelulusan. Selain itu tugas akhir ini juga merupakan suatu bukti yang dapat diberikan kepada almamater dan masyarakat untuk kehidupan sehari-hari.

Banyak pihak yang telah bersedia membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bpk Ir. Arino Anzip, M.Eng.Sc selaku dosen pembimbing I.
2. Bpk Ir. Winarto, DEA selaku dosen pembimbing II.
3. Bpk Ir. Denny M. E. Soedjono, M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir D3 Teknik Mesin.
4. Bpk Dr. Ir. Heru Mirmanto , MT. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin ITS.
5. Bpk Ir. Budi Luwar S, MT. selaku dosen wali di D3 Teknik Mesin.
6. Ibu Ir. Sri Bangun S., MT. budhe yang selalu memberikan bantuan dan dukungan.
7. Team Penguji Tugas Akhir.
8. Seluruh Bpk/Ibu dosen program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan ilmunya selama perkuliahan.
9. Seluruh Bpk/Ibu karyawan program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS, yang telah memberikan bantuan administrasi.
10. Kepada perusahaan PT. INKA Madiun atas ijin survey data Tugas Akhir.
11. Kedua orang tua, Bapak Kusmin dan Ibu Retno Suheny atas segala dukungan dan doanya.
12. Kedua kakak, Mbak Dian dan Mbak Niken atas segala bantuan dan dukungannya.

13. Seluruh teman–teman D3 Teknik Mesin atas bantuannya selama ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, namun bukan suatu kesengajaan, melainkan semata-mata disebabkan kekhilafan dan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

GEARBOX FAILURE ANALYSIS OF OVERHEAD CRANE 10 TON AT PT. INKA (Persero) MADIUN USING OIL USED ANALYSIS METHOD

Student Name : Tomy Karunia Setiawan
NRP : 2112 030 058
Department : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Counselor Lecturer I : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc
Counselor Lecturer II : Ir. Winarto, DEA

ABSTRACT

Crane is a tool that can be used for lifting, lowering and moving goods. The kind of crane that suitable for lifting and transporting goods inside room is an overhead crane. Gear sets are used to change speed or rotating direction of the primary driver. Lubrication system is a system that is very important in maintaining the performance of gear to prevent wear and extend the life of the gearbox.

In this research the object is Overhead Crane's gearbox at PT.INKA (Persero). The study began with the observation data and related literature study, and then does sampling lubricant using oil sampling method. Samples of lubricant were tested in laboratory to determine the content of water, density, kinematic viscosity and iron.

The test result of water content is 0.03%. The test result of the density of 15°C is 0.89 gr/cm³. The test results kinematic viscosity is 17.55 Cst. The test results wear particle for the number of particles of iron (Fe) is 105 ppm. Based on the test results show the iron content in the lubricant exceeds the limit that is more than 100 ppm. This proves that the damage of gearbox on an overhead crane in the form of wear caused by lubricant overheating. After knowing the damage, the gearbox must replacement.

Keywords: lubrication system, gearbox, crane.

ANALISIS KERUSAKAN *GEARBOX* PADA *OVERHEAD CRANE 10 TON* DI PT. INKA (Persero) MADIUN DENGAN METODE *OIL USED ANALYSIS*

Nama Mahasiswa : Tomy Karunia Setiawan
NRP : 2112 030 058
Jurusan : D3 Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Arino Anzip, M.Eng. Sc
Dosen Pembimbing II : Ir. Winarto, DEA

ABSTRAK

Crane adalah alat yang dapat digunakan untuk mengangkat, menurunkan dan memindahkan barang. Jenis crane yang sesuai untuk pengangkatan dan pengangkutan dalam ruangan adalah jenis overhead crane. Gearbox merupakan salah satu komponen pada crane yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran dari motor. Dalam hal ini sistem pelumasan sangat penting untuk menjaga kinerja roda gigi, mencegah keausan dan memperpanjang masa kinerja gearbox.

Dalam penelitian tugas akhir ini objek yang digunakan adalah Gearbox pada Overhead Crane 10 ton di PT.INKA (Persero). Penelitian dimulai dengan observasi data dan studi literatur terkait, kemudian dilakukan pengambilan sampel pelumas dengan metode oil sampling. Sampel pelumas kemudian diuji laboratorium untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada pelumas.

Hasil uji water content yaitu 0,03%. Hasil uji densitas 15°C yaitu 0,89 Gr/cm³. Hasil uji kinematic viscosity yaitu 17,55 Cst. Hasil uji wearparticle yaitu jumlah partikel besi (Fe) sebesar 105 ppm. Berdasarkan hasil uji menunjukkan kandungan besi pada pelumas melebihi batas yaitu lebih dari 100 ppm. Hal ini membuktikan bahwa kerusakan gearbox pada overhead crane berupa keausan diakibatkan pelumas yang overheating. Setelah mengetahui kerusakan yang terjadi sebaiknya dilakukan perawatan dengan penggantian part gear pada gearbox.

Kata kunci: sistem pelumasan, gearbox, crane.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak.	iv
Abstract	v
Kata Pengantar.	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Crane	5
2.1.1 Jenis Crane	5
2.2 Gearbox.	10
2.2.1 Fungsi Gearbox.....	11
2.2.2 Teori Dasar Roda Gigi.....	11
2.2.3 Prinsip Kerja Gearbox	12
2.3 <i>Predictive Maintenance</i>	12
2.3.1 Metode dalam <i>Predictive Maintenance</i>	13
2.3.2 <i>Oil Used Analysis</i>	17
2.4 <i>Minyak Pelumas</i>	21
2.4.1 Fungsi Minyak Pelumas.	22
2.4.2 Jenis – Jenis Minyak Pelumas.	25
2.4.3 Syarat minyak pelumas.....	26
2.5 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	26
2.6. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).	28

BAB III METODOLOGI

3.1 Metodologi Pengujian.	31
3.1.1 Tahap Pengumpulan Data dan Analisa.	32
3.2 Metode Uji Oil Sampling.	32
3.2.1 Metode pengambilan Oil Sampling.....	33
3.3 Uji <i>Oil Analysis</i>	34
3.4 Spesifikasi Crane dan Gearbox	37

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Standard of Oil Used Analysis Inspection.....	39
4.1.1 Spesifikasi Pelumas	40
4.1.2 Failure Tree Analysis.	41
4.1.3 Failure Mode and Effect Analysis.....	42
4.1.4 Analisa Penyebab Kerusakan <i>Gearbox</i>	43
4.2 Analisa Data Hasil Uji Laboratorium.....	44
4.2.1 Data hasil analisa laboratorium	45
4.2.2 Metode Pengujian.....	46
4.2.3 Analisa hasil data laboratorium.....	51
4.2.4 Hubungan kandungan wearparticle terhadap kerusakan gearbox	56
4.3 Karakteristik gearbox rusak.....	56

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Crane Crawler.	5
Gambar 2.2	Tower Crane.....	6
Gambar 2.3	Hidrolik crane.....	7
Gambar 2.4	Jip crane.....	7
Gambar 2.5	Overhead Crane di PT. INKA.	9
Gambar 2.6	Gearbox Overhead Crane.	10
Gambar 2.7	Proses Analisa Vibrasi.	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.	31
Gambar 3.2	Picnometer.....	34
Gambar 3.3	Viscometer.	35
Gambar 3.4	Tabung sentrifugal.	36
Gambar 3.5	Titratort.....	36
Gambar 3.6	Spesifikasi overhead crane.....	37
Gambar 4.1	Oil Sampling Pelumas Baru dan Pelumas Bekas.	40
Gambar 4.2	Diagram <i>Fault Tree Analysis</i>	41
Gambar 4.2	Roda gigi mengalami keausan di dalam gearbox	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar design operasional gearbox.	10
Tabel 2.2	Istilah dalam metode Fault Tree Analysis.	27
Tabel 2.3	Simbol-simbol dalam Fault Tree Analysis.	27
Tabel 3.1	Spesifikasi gearbox overhead crane.	38
Tabel 4.1	Physical and Chemical Data RORED HDA-90	40
Tabel 4.2	Tabel Failure Mode and Effect Analysis.....	42
Tabel 4.3	Data hasil uji laboratorium karakteristik.....	45
Tabel 4.4	Data hasil uji laboratorium wearparticle	45
Tabel 4.5	fmea kerusakan gearbox.....	60
Tabel 4.6	data oil used analysissetelah maintenance.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kondisi perekonomian nasional yang tidak stabil dan cenderung terdampak oleh perekonomian global serta semakin tajamnya persaingan di dunia industri mengharuskan suatu perusahaan untuk lebih meningkatkan efisiensi kegiatan operasinya. Salah satu hal yang mendukung kelancaran kegiatan operasi pada suatu perusahaan adalah kesiapan mesin–mesin produksi dalam melaksanakan tugasnya.

Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki. Selain itu, kegiatan perawatan juga dapat meminimalkan biaya atau kerugian–kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin. Perawatan dapat dibagi menjadi beberapa macam, tergantung dari dasar yang dipakai untuk menggolongkannya. Pada dasarnya terdapat dua kegiatan pokok dalam perawatan yaitu perawatan preventif dan perawatan korektif.

Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen vital yang mendukung kelancaran operasi, sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Oleh sebab itu, tidak bisa dipungkiri perlunya suatu perencanaan kegiatan perawatan bagi masing–masing mesin produksi untuk memaksimalkan sumber daya yang ada. Keuntungan yang akan diperoleh perusahaan dengan lancarnya kegiatan produksi akan lebih besar.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan landasan dasar untuk perawatan fisik dan suatu teknik yang dipakai untuk mengembangkan perawatan pencegahan (*predictive maintenance*) yang terjadwal. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa keandalan dari peralatan dan struktur dari kinerja yang akan dicapai adalah fungsi dari perancangan dan kualitas pembentukan perawatan pencegahan yang efektif akan menjamin terlaksananya desain keandalan dari peralatan .

PT. INKA, sebagai salah satu badan usaha milik negara terus mengalami perkembangan, diawali pada tahun 1981 dengan produk berupa kereta penumpang kelas ekonomi dan gerbong barang kini menjadi industri manufaktur perkeretaapian yang modern. Aktivitas bisnis PT. INKA yang ada kini berkembang mulai dari penghasil produk dasar menjadi penghasil produk dan jasa perkeretaapian dan transportasi yang bernilai tinggi.

Dalam menjalankan aktivitas bisnisnya sebagai perusahaan pembuat kereta api tentu tidak lepas dari masalah. Salah satu masalah yang dihadapi adalah terjadinya kerusakan gearbox pada mesin overhead crane. Oleh karenanya perlu adanya perawatan gearbox overhead crane secara berkala agar tidak mengganggu proses produksi yang berdampak pada penurunan kapasitas produksi.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka penelitian ini mencoba untuk melakukan sistem perawatan mesin dengan menggunakan cara *predictive maintenance* dengan metode used oil analysis.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara melakukan preventif maintenance dengan metode oil used analysis ?
2. Bagaimana cara mengatasi kerusakan yang terjadi pada gearbox overhead crane ?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang di berikan untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Semua data yang di ambil dari departemen fasilitas dan pemeliharaan PT.INKA dan perpustakaan PT. INKA Madiun.
- b. Bagian yang diamati adalah gearbox overhead crane 10ton di PT. INKA Madiun.
- c. Analisa yang digunakan dalam adalah *predictive maintenance* metode oil used analysis.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tindakan perawatan gearbox overhead crane yang optimal agar mesin berjalan dengan baik.
2. Mengetahui cara *predictive maintenance* dengan metode oil used analysis
3. Memilih metode perawatan gearbox overhead crane yang tepat agar mesin berjalan dengan baik dan optimal.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat penulisan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan tentang kerusakan yang terjadi pada gearbox overhead crane.
2. Menjadi pembelajaran cara menggunakan metode oil used anlysis.
3. Menjadi referensi pihak PT. INKA Madiun untuk melakukan perawatan terhadap gearbox overhead crane dengan metode oil used analysis.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 bab, berdasarkan penulisan-penulisan tertentu, yang nantinya diharapkan agar pembaca lebih mudah dalam memahaminya. Sistematika penulisannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang Latar Belakang, Perumusan Masaalah, Batasan Masalah, Tujuan Penulisan, Manfaat Penulisan dan Sistematika Penulisan

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisikan teori teori yang mendasarkan penyusunan laporan Tugas Akhir secara umum yang berhubungan dengan *predictive maintenance* pada gearbox overhead crane dengan metode oil used analysis.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini berisikan metode pengerjaan dan pengambilan data Tugas Akhir

BAB IV ANALISA DATA

Pada bab ini menganalisa data yang didapat dari laboratorium dengan kerusakan yang terjadi pada gearbox overhead crane dengan metode oil used analysis

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan atas penyusunan Tugas Akhir dan saran bagi PT. INKA Madiun serta bagi penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Crane

Crane adalah jenis mesin yang umumnya dilengkapi dengan tali hoist, tali kawat atau rantai, dan *sheaves*. Crane dapat digunakan untuk mengangkat dan menurunkan barang serta memindahkan barang secara horizontal (Wikipedia, 2016). Crane umum digunakan pada industri transportasi untuk bongkar muat barang, industri konstruksi untuk pemindahan barang dan industri manufaktur untuk perakitan alat berat.

Crane merupakan gabungan mekanisme pesawat pengangkat secara terpisah dengan rangka untuk mengangkat sekaligus memindahkan muatan yang dapat digantungkan secara bebas atau dikaitkan pada crane. Crane alat pengangkut material karena alat ini dapat mengangkut material secara vertikal dan kemudian memindahkannya secara horizontal pada jarak jangkauan yang relatif kecil maupun panjang.

2.1.1. Jenis crane

Beberapa jenis crane yang umum dipakai dalam suatu industri adalah :

a) Crane Crawler

Crawler crane merupakan pesawat pengangkat material yang biasa digunakan pada lokasi proyek pembangunan dengan jangkauan yang tidak terlalu panjang. Tipe ini mempunyai bagian atas yang dapat bergerak 360 Derajat. Dengan roda crawler maka crane tipe ini dapat bergerak didalam lokasi proyek saat melakukan pekerjaannya. Pada saat crane akan digunakan diproyek lain maka crane diangkut dengan menggunakan lowbed trailer. Pengangkutan ini dilakukan dengan membongkar boom menjadi beberapa bagian untuk mempermudah pelaksanaan pengangkutan.



Gambar 2.1 Crane Crawler

b) Tower Crane

Tower crane merupakan alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertical dan horizontal kesuatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Tipe crane ini dibagi berdasarkan cara crane tersebut berdiri yaitu crane yang dapat berdiri bebas (free standing crane), crane diatas rel (rail mounted crane), crane yang ditambatkan pada bangunan (tied-in tower crane) dan crane panjat (climbing crane).



Gambar 2.2 Tower Crane

c) Hidraulik Crane

Umumnya semua jenis crane menggunakan sistem hidraulik (minyak) dan pneumatic (udara) untuk dapat bekerja. Namun secara khusus Hidraulik crane adalah crane yang biasa digunakan pada perbengkelan dan pergudangan dll, yang memiliki struktur sederhana. Crane ini biasanya diletakkan pada suatu titik dan tidak untuk dipindah-pindah dan dengan jangkauan tidak terlalu panjang serta putaran yang hanya 180 derajat. Sehingga biasanya pada suatu perbengkelan/pergudangan terdapat lebih dari satu Crane.



Gambar 2.3 Hidraulik Crane

d) Jip crane

Jip crane merupakan pesawat pengangkat yang terdiri dari berbagai ukuran, jip crane yang kecil biasanya digunakan pada perbengkelan dan pergudangan untuk memindahkan barang-barang yang relatif berat. Jip crane memiliki sistem kerja dan mesin yang mirip seperti 'Overhead Crane' dan struktur yang mirip 'Hidraulik Crane'.



Gambar 2.4 Jip crane

e) Overhead Crane

Overhead Crane adalah salah satu dari jenis pesawat angkat yang banyak dipakai sebagai alat pengangkat dan pengangkut pada daerah-daerah industri, pabrik, maupun bengkel. Pesawat angkat ini dilengkapi dengan roda dan lintasan rel agar dapat bergerak maju dan mundur sebagai penunjang proses kerjanya. Crane Overhead digunakan dalam proses pengangkatan muatan dengan berat ringan hingga muatan dengan berat medium. Crane Overhead biasa digunakan untuk pengangkatan dan pengangkutan muatan di dalam ruangan. Letak Crane Overhead berada di atas, dekat dengan atap ruangan.

Berbeda dengan jenis pesawat angkat yang digunakan di daerah terbuka yang struktur rangka memiliki penopang yang berdiri tegak di tanah, pesawat angkat jenis ini penopangnya adalah sisi kiri dan sisi kanan dari bangunan itu sendiri (United Ropeworks, 1970). Pada Crane Overhead terdapat beberapa komponen utama yang mendukung operasi kerja dari Crane Overhead tersebut.

Overhead Double Girder Crane merupakan salah satu jenis crane dalam ruangan atau bangunan gedung (indoor) dengan konstruksi pendukung tiang column sebagai penopang beban secara vertical yang mengangkat benda dengan overhead yang terpasang diatas sepasang atau 2 buah balokan /girder dengan gerakan secara horizontal. Girder bergerak pada rel atau sepasang rel yang dipasang di atas runway beam (laju track). Secara umum selain perbedaan tadi, tidak ada perbedaan mendasar antara *Overhead Double Girder Crane* dengan *Overhead Single Girder Crane*. Overhead Double girder crane cocok untuk diimplementasikan atau digunakan pada industri konstruksi, pelabuhan, pabrik, dan industri lainnya untuk meningkatkan kinerja dan efektifitas operasi.



(a)



(b)

Gambar 2.5 Overhead Crane di PT. INKA: (a) Crane saat beroperasi mengangkat material gerbong kereta api; (b) Bagian grider pada overhead crane

Sumber: PT INKA (Persero) Madiun

Komponen utama yang terdapat pada Crane Overhead adalah sebagai berikut (United Ropeworks, 1970):

- a) Rem Motor utama merupakan bagian dari sistem motor pada Crane Overhead.
- b) Kotak terminal/sirkuit listrik adalah sistem elektrik pada Crane Overhead.
- c) Drum adalah tempat lilitan tali kawat baja pada Crane Overhead.
- d) Motor listrik adalah salah satu komponen Crane Overhead yang berfungsi sebagai penggerak dari Crane Overhead.
- e) Rem drum adalah bagian dari sistem kerja drum. Rem drum berfungsi untuk menahan gerak drum supaya berhenti ketika Crane Overhead berhenti beroperasi.
- f) Pengarah tali adalah bagian utama Crane Overhead untuk mengarahkan gerak tali kawat baja pada Crane Overhead.
- g) Electric Overhead sebagai pengatur gerakan Crane Overhead.
- h) Tali kawat baja sebagai komponen pengangkat muatan.
- i) Gearbox sebagai untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar

2.2. Gearbox

Gearbox berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran dari motor (Mobley, 2002, p.81). Gearbox merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan gearbox juga adalah alat pengubah daya dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar.



Gambar 2.6 Gearbox Overhead Crane

Sumber: PT INKA (Persero) Madiun

Gearbox merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan gearbox juga adalah alat pengubah daya motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar atau sebagai speed reducer.

Tabel 2.1 Standar design operasional gearbox

Function conditions for standard design	
Transport temperature	-20 ... +40°C
Storage temperature	0 ... +40°C
Storage conditions	Dry, indoors
Ambient operating temperature	-10 ... +50°C
Environment	Low dust level, acid free
Coolant	Air
Coolant temperature	max. +40°C
Installation site height	max. 1000 m above sea level
Air circuit	Free circulation
Enclosure	IP 55
Mounting arrangement	Low vibration
Working clearance	Ensure free air circulation
Max. input speed	3600 rpm
Lubrication	see rating plate

2.2.1. Fungsi Gearbox

Gearbox atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang digunakan untuk memutar spindel mesin maupun melakukan gerakan feeding. Transmisi juga berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur. Transmisi manual atau lebih dikenal dengan sebutan gearbox, mempunyai beberapa fungsi antara lain :

- a) Merubah momen puntir yang akan diteruskan ke spindel mesin.
- b) Menyediakan rasio gigi yang sesuai dengan beban mesin.
- c) Menghasilkan putaran mesin tanpa selip.

Selain sebagai "*Speed Reducer*" fungsi lain Gearbox terutama dalam keperluan industri seperti pabrik, pertambangan, perikanan, dan lainnya adalah untuk memperkuat daya/tenaga dari electric motor. Seiring dengan fungsi utama gearbox sebagai pengurang kecepatan, secara otomatis gearbox juga berfungsi untuk memperkuat torsi dari dinamo atau diesel. Tanpa didukung oleh gearbox yang sesuai, dinamo motor atau mesin diesel akan kesulitan untuk mengangkat benda-benda berat , jika dipaksa akan dapat mempercepat usia dinamo motor atau bahkan merusak motor tersebut.

2.2.2. Teori Dasar Roda Gigi

Rodagigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Rodagigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Rodagigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu rodagigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu :

- Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.

Rodagigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Disamping itu terdapat pula rodagigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi.

2.2.3. Prinsip Kerja Gearbox

Putaran dari motor diteruskan ke input shaft (poros input) melalui hubungan antara clutch/ kopling, kemudian putaran diteruskan ke main shaft (poros utama), torsi/ momen yang ada di mainshaft diteruskan ke spindel mesin, karena adanya perbedaan rasio dan bentuk dari gigi-gigi tersebut sehingga rpm atau putaran spindel yang di keluarkan berbeda, tergantung dari rpm yang di inginkan.

2.3. Predictive Maintenance

Predictive Maintenance merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala. *Predictive Maintenance* menggunakan monitoring secara langsung dari kondisi mekanik, efisiensi sistem kerja, dan indikator lainnya.. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*).

Output dari perawatan dari program prediktif adalah data. Perawatan ini termasuk jenis “condition-based maintenance” dimana perubahan kondisi mesin atau peralatan dapat dideteksi sehingga

tindakan yang bersifat proaktif dapat segera dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin (Higgins, 2002).

Perawatan prediktif dilakukan berdasarkan proses monitoring condition yang dilakukan terhadap peralatan yang diinginkan. Hasil dari proses ini adalah data-data hasil pengukuran atau pengujian yang selanjutnya data-data tersebut dibandingkan dengan data-data acuan yang telah diketahui sebelumnya (*known engineering limit*) untuk menentukan kondisi operasi dari peralatan tersebut. Teknik pemantauan yang umumnya digunakan dalam perawatan prediktif meliputi monitoring vibrasi, proses parameter, tribologi, metode termografi, inspeksi visual dan metode *non-destructive testing* seperti metode ultrasonik. (Higgins, 2002).

2.3.1. Metode dalam Predictive Maintenance

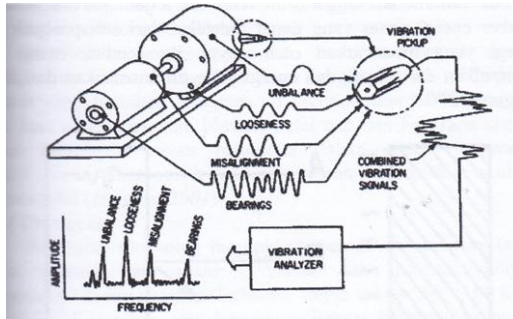
Predictive Maintenance memiliki beberapa teknik dalam pengambilan data. Teknik ini meliputi *vibration monitoring*, *thermography*, *tribology*, *visual inspection*, *ultrasonics*, and teknik nondestructive lainnya.

a. Vibration monitoring

Digunakan untuk pemantauan dan analisa sifat-sifat getaran mesin untuk mencari sumber-sumber penyebab vibrasi yang dapat menyebabkan kerusakan. Alat ukur yang dipakai adalah: *Vibration meter*, *Vibration monitor* dan *Vibration analyzer*. Alat-alat ukur tersebut dapat dipasang permanen atau portable, dapat juga dipasang pada bagian mesin yang diperkirakan sensitif terhadap vibrasi seperti: rumah bearing, motor listrik, pompa dan lain-lain. Untuk mendapatkan hasil pengukuran dan analisa vibrasi yang optimal, dapat dilakukan pada suatu beban tertentu atau minimal pada beban: 60%, 75% dan 90%. Untuk beban 100% bisa dilakukan jika dianggap perlu. Grafik data bisa digabung dengan parameter lain seperti: temperatur minyak pelumas bearing dan tekanan minyak pelumas bearing.

Dengan melakukan monitoring vibrasi, gejala kerusakan pada peralatan dapat ditangkap lebih dini, dimonitor dan ditrend untuk memprediksi kapan peralatan tersebut dapat di

stop untuk dilakukan perbaikan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Dan dengan kegiatan *vibration monitoring*, berbagai macam kerusakan pada *rotating machine* seperti kerusakan *bearing*, *misalignment*, *unbalance* dan lainnya dapat dideteksi.



Gambar 2.7 Proses Analisa Vibrasi

Sumber: R. Krith Mobley, 2002

b. *Thermography*

Thermography adalah teknik yang dengannya energi inframerah yang tidak tampak yang dipancarkan oleh obyek diubah menjadi gambar panas secara visual. Infrared Thermography dapat dianggap sebagai pemetaan panas tanpa sentuhan dan analisa pola panas permukaan objek. Data yang akan didapat kemudian di bandingkan dengan hasil thermography dalam kondisi normal.

Thermography dapat digunakan sebagai cara untuk menginspeksi peralatan listrik atau mekanis untuk menentukan ketidaknormalan fungsi dengan memperoleh pola panasnya. Metode Inspeksi ini didasarkan pada kenyataan sebagian besar komponen di dalam suatu system akan menunjukkan kenaikan atau penurunan temperatur jika terjadi malfungsi.

Peningkatan temperature dalam rangkaian listrik mungkin disebabkan oleh koneksi kendor atau sekring yang mengalami beban lebih. Dengan mengamati pola panas pada saat komponen sistem beroperasi, kerusakan atau gangguan dapat dilokalisir dan keparahannya dapat dievaluasi. Kontak

secara fisik terhadap system tidak diperlukan, inspeksi dapat dilakukan dalam kondisi beroperasi penuh tanpa menghasilkan kerugian operasi atau menghentikan operasi.

c. *Tribology*

Tribology adalah istilah umum yang mengacu pada desain dan dinamika operasi struktur dukungan bantalan-pelumasan-rotor mesin. Teknik yang digunakan untuk pemeliharaan prediktif: *oil used analysis*, *spectrographic analysis*, *ferrography*, dan *wear particle analysis* (Mobley, 2002).

- *Oil used analysis*

Analisa pelumas bekas merupakan bagian penting dari proses perawatan preventif. Laboratorium meyarankan untuk pengambilan sampel pelumas mesin harus diambil sesuai yang dijadwalkan guna mengetahui kondisi pelumas yang sebenarnya.

- *Spectrographic analysis*

Merupakan metode tercepat dan lebih akurat untuk mengidentifikasi elemen yang terkandung dalam minyak pelumas elemen tersebut diklasifikasi menjadi *Wear Metals*, *Contamination*, dan *Additives*. Beberapa elemen dapat di masukkan dari salah satu atau lebih dari klasifikasi ini. Analisa pelumas sederhana tidak dapat menentukan bentuk yang kerusakan spesifik yang telah berkembang dalam mesin, karena itu teknik tambahan diperlukan sebagai bagian dari program predictive maintenance.

- *Ferrography*

Ferrography hampir sama dengan spectrography, perbedaannya adalah perbedaan pertama ferrography memisah partikel kontaminasi dengan menggunakan medan magnet sedangkan spectrography membakar partikel yang dianalisa. Karena itu, teknik Perbedaan yang kedua yaitu ferrography dapat memisah dan menganalisis partikel kontaminasi yang lebih besar 10 μ m. Secara normal analisa ferrography dapat menangkap partikel diatas 100 μ m dan

memberikan representasi yang lebih baik dari kontaminasi oli dari pada ferrography

- *Wear particle analysis.*

Merupakan bagian analisa minyak pelumas tetapi hanya berorientasi pada artikel minyak pelumas. Jika metode *oil used analysis* digunakan untuk menentukan kondisi nyata dari sampel oli sedangkan *wear particle analysis* dapat memberikan informasi langsung tentang keausan dari mesin. Partikel yang terkandung dalam pelumas mesin dapat memberikan informasi yang signifikan tentang kondisi mesin. Informasi ini didapat dari bentuk partikel, komposisi, ukuran dan jumlah. Metode analisa partikel keausan dibedakan menjadi dua.

Metode pertama digunakan untuk analisa keausan partikel yang secara rutin dimonitoring dan bentangan kandungan solid dari minyak pelumas mesin. Sederhananya, jumlah, komposisi, dan ukuran dari partikel yang terjadi pada minyak pelumas mengindikasikan kondisi mekanis dari mesin. Kedua yaitu mengumpulkan hasil analisa dari partikel yang terjadi pada tiap contoh pelumas (Higgins, 2002).

d. *Visual inspection*

Inspeksi regular pada mesin dan sistem pada pabrik merupakan bagian penting untuk setiap program pemeliharaan prediktif. pada beberapa kasus, inspeksi visual akan mendeteksi masalah potensial yang mungkin terlewatkan apabila menggunakan teknik pemeliharaan prediktif yang lain.

Sekalipun menggunakan teknik pemeliharaan prediktif, beberapa masalah potensial tetap tidak terdeteksi. Inspeksi visual rutin dari semua sistem pabrik yang kritis bisa merupakan pilihan terbaik dan membantu jaminan bahwa masalah potensial akan terdeteksi sebelum gangguan serius terjadi.

Inspeksi visual sering kali menjadi tanggung jawab departemen produksi dibandingkan dengan teknik pemeliharaan produktif. beberapa program mengabaikan

pemakaian cara ini, dan beberapa diantaranya salah. Inspeksi visual merupakan unsur kritis bagi suksesnya program.

e. *Non Destructive Test*

Kebanyakan pabrik tidak menganggap bahwa efisiensi mesin atau peralatan merupakan bagian dari perawatan prediktif namun demikian mesin yang tidak bekerja dengan efisiensi yang semestinya akan mengganggu kapasitas produksi pabrik.

Monitoring proses parameter harus mencakup semua peralatan dan sistem yang berkaitan dengan proses di pabrik. Peralatan yang termasuk program ini meliputi pompa, kompresor, turbin, heat exchanger, fan, blower, ketel uap, dan beberapa sistem lainnya. Penerapan proses parameter dalam sistem perawatan prediktif harus dibarengi dengan penyediaan metoda data akuisisi yang memadai (Higgins, 2002).

f. *Ultrasonics*

Teknik pemeliharaan prediktif ini memiliki prinsip similar dengan analisis getaran. Keduanya memonitor suara yang dibangkitkan oleh mesin pabrik, atau sistem untuk menentukan kondisi operasi aktual tidak seperti monitor ultrasonik memonitor frekuensi yang lebih tinggi (suara ultra) yang terjadi secara dinamis dari sistem mesin dan proses. daerah monitoring normal pada analisis getaran mulai kurang dari 1 Hertz hingga 20.000 Hertz. Monitor teknik ultrasonik memiliki daerah frekuensi diantara 20.000 dan 100 kHz

Prinsip pemakaian monitoring ultrasonik terdapat pada deteksi kebocoran. Aliran turbulen cairan dan gas melalui orifice terhambat seperti kebocoran, akan meninggalkan jejak frekuensi tinggi yang mudah ditandai menggunakan teknik ultrasonik. Teknik ini ideal untuk mendeteksi bocoran katup, uap terjebak, pipa, dan proses yang lain.

2.3.2. *Oil Used Analysis*

Fokus pelaksanaannya adalah mengamati dan menganalisa minyak pelumas. Untuk kondisi harian, analisa minyak pelumas dapat dimonitoring dari kondisi seperti: laju aliran minyak pelumas, suhu, tekanan dan sebagainya. Sedangkan secara periodik adalah hasil analisa dari laboratorium seperti: viskositas, kadar air, TAN, TBN, titik nyala, titik beku, warna, sediment dan lain-lain. Dari hasil analisa, maka dapat ditentukan kapan penggantian atau treatment minyak pelumas dilakukan.

Standard-standard yang dipakai adalah:

- a. Ketentuan pabrik pembuat.
- b. Data sejarah / riwayat mesin yang sejenis

Dalam metode *oil used analysis*, terdapat beberapa hal yang perlu dianalisis antara lain:

1. Viskositas

Viskositas adalah salah satu sifat yang paling penting dari minyak pelumas. Viskositas yang sebenarnya sampel minyak dibandingkan dengan sampel yang tidak terpakai untuk menentukan penipisan atau penebalan sampel selama penggunaan. Berlebihan viskositas rendah akan mengurangi kekuatan film minyak, melemahnya kemampuan untuk mencegah kontak logam-ke-logam. Berlebihan viskositas tinggi dapat menghambat aliran yang minyak untuk lokasi penting dalam struktur dukungan bantalan, mengurangi kemampuannya untuk melumasi.

2. Kontaminasi

Kontaminasi minyak oleh air atau pendingin dapat menyebabkan masalah besar dalam sistem pelumas. Banyak aditif sekarang digunakan dalam merumuskan pelumas mengandung unsur-unsur yang sama yang digunakan dalam aditif pendingin. Oleh karena itu, laboratorium harus memiliki analisis yang akurat minyak baru untuk perbandingan.

3. *Fuel dilution*

Pengenceran minyak dalam mesin, yang disebabkan oleh kontaminasi bahan bakar, melemahkan kekuatan minyak film, penyegelan kemampuan, dan deterjen. Operasi yang tidak benar, kebocoran sistem bahan bakar, masalah pengapian, timing yang tidak tepat, atau lainnya defisiensi dapat menyebabkan itu. Pengenceran bahan bakar dianggap berlebihan saat mencapai tingkat 2,5 sampai 5 persen.

4. Padatan Konten

Jumlah padatan dalam sampel minyak adalah tes umum. Semua bahan padat dalam minyak diukur sebagai persentase dari volume sampel atau berat. Kehadiran padatan dalam sistem pelumas dapat signifikan meningkatkan keausan pada bagian dilumasi. Setiap kenaikan tak terduga dalam padatan dilaporkan adalah memprihatinkan.

Jelaga bahan bakar Jelaga yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar merupakan indikator penting untuk minyak yang digunakan dalam mesin diesel dan selalu hadir untuk batas tertentu. Sebuah tes untuk mengukur jelaga bahan bakar minyak mesin diesel ini penting karena menunjukkan efisiensi bahan bakar pembakaran mesin. Kebanyakan tes untuk jelaga bahan bakar dilakukan dengan analisis inframerah.

5. Oksidasi

Oksidasi minyak pelumas dapat mengakibatkan deposito lacquer, korosi logam, atau penebalan minyak. Kebanyakan pelumas mengandung inhibitor oksidasi; Namun, ketika aditif yang digunakan, oksidasi minyak dimulai. Jumlah oksidasi dalam sampel minyak diukur dengan analisis inframerah diferensial.

6. Nitrase

Nitrase hasil dari pembakaran bahan bakar di mesin. Produk yang terbentuk adalah sangat asam, dan mereka dapat meninggalkan deposito di daerah pembakaran. Nitrase akan

mempercepat oksidasi minyak. Analisis inframerah digunakan untuk mendeteksi dan mengukur produk nitrase.

7. Total Jumlah Asam

Total Acid Number (TAN) atau Keasaman minyak adalah ukuran jumlah bahan asam atau asam-seperti dalam sampel minyak. Karena minyak baru mengandung aditif yang mempengaruhi TAN, penting untuk membandingkan sampel oli bekas dengan yang baru, minyak yang tidak terpakai dari jenis yang sama. Analisis biasa pada interval yang spesifik penting untuk evaluasi ini.

8. Total Jumlah Base

Total Base Number (TBN) adalah Jumlah dasar menunjukkan kemampuan minyak untuk menetralkan keasaman. Semakin tinggi TBN, semakin besar kemampuannya untuk menetralkan keasaman. Penyebab khas dari TBN rendah termasuk menggunakan minyak yang tidak tepat untuk sebuah aplikasi, menunggu terlalu lama antara perubahan minyak, terlalu panas, dan menggunakan bahan bakar yang tinggi-sulfur.

9. Partikel tes

hitungan Hitungan partikel penting untuk mengantisipasi sistem atau mesin potensi masalah. Hal ini terutama berlaku dalam sistem hidrolik. Analisis penghitungan partikel dibuat sebagai bagian dari analisis minyak pelumas normal berbeda dari analisis partikel keausan. Dalam tes ini, jumlah partikel yang tinggi menunjukkan mesin yang mungkin memakai normal atau kegagalan dapat terjadi karena sementara atau permanen diblokir ori ces fi. Tidak ada upaya dilakukan untuk menentukan pola pakaian, ukuran, dan faktor-faktor lain yang akan mengidentifikasi modus kegagalan dalam mesin.

10. Analisis *spectrographic*

Analisis spectrographic memungkinkan akurat, pengukuran yang cepat dari banyak elemen hadir dalam minyak pelumas. Unsur-unsur ini umumnya diklasifikasikan sebagai logam pakai, kontaminan, atau aditif. Beberapa elemen dapat terdaftar di lebih dari satu ini spesifikasi-klasifikasi. Standar pelumas analisis minyak tidak berusaha untuk menentukan mode kegagalan yang spesifik mengembangkan masalah mesin-kereta. Oleh karena itu, teknik tambahan harus digunakan sebagai bagian dari program pemeliharaan yang komprehensif prediktif.

2.4 *Minyak Pelumas*

Pelumas adalah zat kimia, yang umumnya cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil destilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Dua benda yang permukaannya saling kontak antara satu dengan lainnya akan menimbulkan gesekan. Gesekan adalah gaya yang cenderung menghambat atau melawan gerakan. Apabila gesekan dapat mengakibatkan kedua benda tersebut tidak dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya maka jenis gesekannya dinamakan gesekan statik, contohnya gesekan yang terjadi antara mur dengan baut. Sedangkan apabila kedua benda masih dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya dinamakan gesekan dinamis atau gesekan kinetik, seperti gesekan antara poros dengan bantalan. Gesekan dinamik akan menimbulkan keausan material.

Keausan material dapat dikurangi dengan cara mengurangi besarnya gaya akibat gesekan yaitu dengan menghindari terjadinya kontak langsung antara dua permukaan benda yang bergesekan. Salah satu cara untuk menghindari kontak langsung antara dua benda yang bergesekan adalah dengan “menyisipkan”

minyak pelumas diantara kedua benda tersebut. Cara ini dinamakan "melumasi" atau memberi pelumasan.

Terdapat banyak sekali sistem pelumasan yang dipakai dalam berbagai bidang mesin. Berbagai jenis variasi sistem pelumasan itu sendiri bisa dikatakan memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri karena disesuaikan dengan jenis mesin. Berikut adalah beberapa sistem pelumasan lain yang perlu kita ketahui:

Untuk jenis sistem pelumasan celup, kita akan cukup sering menemukan sistem pelumasan ini pada area *gearbox* atau dalam Bahasa disebut dengan kotak roda gigi. Sistem pelumasan ini memerlukan penutup tangki pelumas yang sangat baik untuk menghindari kebocoran. Sistem ini baik untuk diterapkan pada mesin dengan proses kerja berkecepatan rendah.

Jenis sistem pelumasan berikutnya adalah jenis sistem pelumasan sirkulasi. Sistem pelumasan ini sendiri dapat ditemui dalam komponen *gearbox* tertutup. Sistem *gearbox* tertutup sendiri memiliki komponen yang bergerak di dalam dan tertutup. Laju sirkulasi pelumas pada sistem ini dikendalikan oleh suatu indikator yang memiliki sejenis pompa oli dan suatu tangki khusus untuk memastikan pelumas ini dapat melumasi bagian dari *gearbox* yang bergerak.

2.4.1 Fungsi Minyak Pelumas

Di bawah ini akan dijelaskan beberapa fungsi dari minyak pelumas untuk komponen:

1. Mengendalikan Gesekan

Gesekan pada komponen-komponen yang bekerja pada sistem pelumasan akan menimbulkan panas, sehingga dapat memicu timbulnya keausan yang berlebih. Seperti diketahui, pelumas dapat bekerja dalam tiga daerah pelumasan, yaitu pelumasan batas, pelumasan selaput fluida, dan pelumasan hidrodinamika. Dimana viskositas merupakan sifat yang langsung memberi pengaruh pada gesekan. Semua bentuk panas yang timbul pada bantalan

hasil gesekan harus dihilangkan pada saat sistem itu telah mencapai suhu operasi yang stabil.

2. Mengendalikan Suhu

Dalam mengendalikan suhu, sistem temperatur pelumas secara langsung menyesuaikan dan bereaksi pada suhu komponen yang memanaskan akibat bekerja satu sama lain. Ketika terjadi hubungan antara logam dengan logam, banyak panas yang diserap, sehingga pelumas berperan sangat penting membantu proses penyerapan panas dengan cara mentransfer permukaan yang mempunyai suhu tinggi dan memindahkannya ke media lain yang suhunya lebih rendah. Tugas ini memerlukan sirkulasi pelumas dalam jumlah banyak dan konstan.

3. Mengendalikan Korosi

Tingkat perlindungan korosi yang diberikan tergantung pada lingkungan di tempat permukaan logam yang dilumasi itu bekerja. Jika mesin itu bekerja di dalam ruangan dengan kondisi kelembaban yang rendah dan tidak ada kontaminasi dari bahan yang korosif, kemungkinan tidak terjadi korosi. Adanya kontaminasi yang korosif pada operasi mesin, membuat upaya mengendalikan korosi menjadi lebih sulit. Sehubungan dengan itu, pelumas yang digunakan dalam mesin harus memberi kemampuan perlindungan korosi dalam tingkat yang sangat tinggi. Yang perlu dipertimbangkan dalam mengatasi korosi pada mesin yang bekerja pada lingkungan yang korosif di udara terbuka adalah pengaruh kontaminasi terhadap sifat pelumas itu sendiri. Kemampuan pelumas untuk mengendalikan korosi adalah langsung berhubungan dengan ketebalan selaput pelumas yang tetap ada pada permukaan logam dan komposisi kimia pelumas. Bahan yang biasanya digunakan untuk aditif penghindar korosi adalah surfaktan.

4. Mengendalikan Keausan

Keausan yang terjadi pada sistem pelumasan disebabkan oleh 3 (tiga) hal, yaitu abrasi, korosi, dan kontak antara logam dengan logam. Keausan abrasi biasanya disebabkan oleh partikel padat yang masuk ke lokasi pelumas itu berada. Bentuk keausan abrasi adalah torehan (scoring) dan garukan (starching). Keausan yang diakibatkan karena korosi umumnya disebabkan oleh produk oksidasi pelumas. Pemrosesan yang lebih sempurna dengan menambahkan aditif penghindar oksidasi dapat mengurangi terjadinya kerusakan pelumas. Keausan juga disebabkan oleh terjadinya kontak antara logam dan logam yang merupakan hasil rusaknya selaput pelumas. Singkatnya, sesuatu yang menyebabkan permukaan logam yang dilumasi saling mendekat sehingga terjadi kontak antara satu permukaan dengan permukaan lainnya menyebabkan timbulnya keausan.

5. Mengisolasi Listrik

Pada beberapa penggunaan khusus, pelumas dituntut untuk bersifat sebagai isolator listrik. Untuk tetap mendapatkan nilai isolasi maksimal, pelumas harus dijaga tetap bersih dan bebas air. Pelumas harus tidak mengandung aditif yang menimbulkan proses elektrolisis jika terkena sejumlah air.

6. Meredam Kejutan

Fungsi dari pelumas sebagai fluida peredam kejutan dilakukan dengan 2 (dua) cara. Pertama, yang sangat dikenal adalah memindahkan tenaga mekanik ke tenaga fluida seperti dalam peredam kejut otomotif (shock absorber). Dalam hal ini, vibrasi atau osilasi tubuh kendaraan menyebabkan piston yang berada di dalam silinder fluida yang tertutup bergerak naik turun. Fluida bergerak mengalir dari sisi piston ke sisi yang melewati suatu celah dengan menghilangkan tenaga mekanik melalui gesekan fluida. Untuk itu, biasanya digunakan pelumas dengan indeks viskositas yang tinggi. Mekanisme kedua

yang berperan dalam meredam kejutan fungsi pelumas adalah perubahan viskositas terhadap tekanan.

7. Pembersih Kotoran

Pelumas disebut sebagai pembersih atau pembilas kotoran yang masuk di dalam sistem karena adanya partikel padat yang terperangkap diantara permukaan logam yang dilumasi. Hal ini benar-benar terjadi pada jenis mesin internal-combution, dimana aditif detergen-dispersan digunakan untuk melumatkan lumpur dan membawanya dari karter ke saringan yang dirancang untuk menepis partikel padat yang dapat menimbulkan keausan.

8. Memindahkan Tenaga

Salah satu peningkatan fungsi pelumas modern adalah media hidrolik. Peralatan otomatis pada kendaraan merupakan salah satu contoh meningkatnya kompleksitas persyaratan pelayanan pelumas. Pelumas ini menunjukkan penggunaan terbesar fluida pemindah tenaga (power-transmission fluids), menjadi suatu kebutuhan yang utama untuk menggunakan pelumas yang baik, dan sifat-sifat hidrolik merupakan hal yang juga harus dipertimbangkan.

9. Membentuk Sekat

Minyak Pelumas sendiri bersifat sebagai sekat, yaitu pelumas yang tinggi viskositasnya akan berfungsi sebagai sekat dari celah yang lebih lebar. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mesin yang sudah tua menggunakan pelumas mesin yang memiliki viskositas lebih tinggi dari normalnya. Hal ini disebabkan jarak bebas atau clearance mesin tua lebih lebar dari mesin yang baru.

2.4.2 Jenis – Jenis Minyak Pelumas

Menurut bahan dasar pembuatnya, minyak pelumas digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

- *Mineral oil*

Mineral Oil merupakan minyak pelumas dengan basis base oil tanpa adanya zat aditif tambahan, sehingga sifat-sifat nya masih kurang efektif untuk pelumasan.

- *Syntethic oil*

Syntethic oil adalah pelumas dengan bahan dasar base oil dan tambahan zat-zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat dari minyak pelumas tersebut. Zat aditif ini bermacam-macam jenisnya, misal untuk meningkatkan viskositas minyak pelumas, menambah kandungan deterjen, meningkatkan harga TBN dan sebagainya. Karena itu jika diinginkan menambah zat aditif pada minyak pelumas maka harus diperhatikan dulu karakteristik minyak pelumas tersebut, misal kekentalan minyak kurang, maka dapat ditambahkan aditif untuk kekentalan, tapi yang perlu diperhatikan penambahan aditif ini tidak dapat memperbaiki kualitas minyak pelumas seperti pada kondisi baru.

2.4.3 Syarat minyak pelumas

Sedangkan minyak pelumas mesin ini juga diberikan beberapa persyaratan, sebagai berikut:

- a. Derajat kekentalan minyak mesin harus sesuai dengan jenis operasi mesin yang bersangkutan.
- b. Memiliki daya lekat yang baik.
- c. Tidak mudah bercampur dengan cairan lainnya.
- d. Mempunyai titik nyala yang tinggi dan penguapannya susah.
- e. Mudah memindahkan panas dan memiliki titik beku rendah.

2.5. Fault Tree Analisis (FTA)

Fault Tree Analysis adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*).

Fault Tree Analysis merupakan metoda yang efektif dalam menemukan inti permasalahan karena memastikan bahwa suatu kejadian yang tidak diinginkan atau kerugian yang ditimbulkan tidak berasal pada satu titik kegagalan. *Fault Tree Analysis* mengidentifikasi hubungan antara faktor penyebab dan ditampilkan dalam bentuk pohon kesalahan yang melibatkan gerbang logika sederhana.







Gerbang logika menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik kondisi tunggal maupun sekumpulan dari berbagai macam kondisi. Konstruksi dari *fault tree analysis* meliputi gerbang logika yaitu gerbang AND dan gerbang OR. Setiap kegagalan yang terjadi dapat digambarkan ke dalam suatu bentuk pohon analisa kegagalan dengan mentransfer atau memindahkan komponen kegagalan ke dalam bentuk simbol (*Logic Transfer Components*) dan *Fault Tree Analysis*.

Tabel 2.3 Istilah dalam metode *Fault Tree Analysis*

Istilah	Keterangan
<i>Event</i>	Penyimpangan yang tidak diharapkan dari suatu keadaan normal pada suatu komponen dari sistem
<i>Top Event</i>	Kejadian yang dikehendaki pada “puncak” yang akan diteliti lebih lanjut ke arah kejadian dasar lainnya dengan menggunakan gerbang logika untuk menentukan penyebab kegagalan
<i>Logic Event</i>	Hubungan secara logika antara input dinyatakan dalam AND dan OR
<i>Transferred Event</i>	Segitiga yang digunakan simbol transfer. Simbol ini menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian dasar (<i>Basic Event</i>) yang tidak akan dikembangkan lebih lanjut karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>	Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih lanjut.

Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis* digunakan dalam menguraikan suatu kejadian disajikan pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Simbol-simbol dalam *Fault Tree Analysis*

Simbol	Keterangan
	Top Event
	Logic Event AND
	Logic Event OR
	Transffered Event
	Undeveloped Event
	Basic Event

2.6. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem. Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu :

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses selama siklus hidupnya,

- Efek dari kegagalan tersebut,
- Tingkat kekritisan efek kegagalan terhadap fungsi sistem, desain produk, dan proses.

Output dari *Process FMEA* adalah:

- Daftar mode kegagalan yang potensial pada proses.
- Daftar *critical characteristic* dan *significant characteristic*.
- Daftar tindakan yang direkomendasikan untuk menghilangkan penyebab munculnya mode kegagalan atau untuk mengurangi tingkat kejadiannya dan untuk meningkatkan deteksi terhadap produk cacat bila kapabilitas proses tidak dapat ditingkatkan.

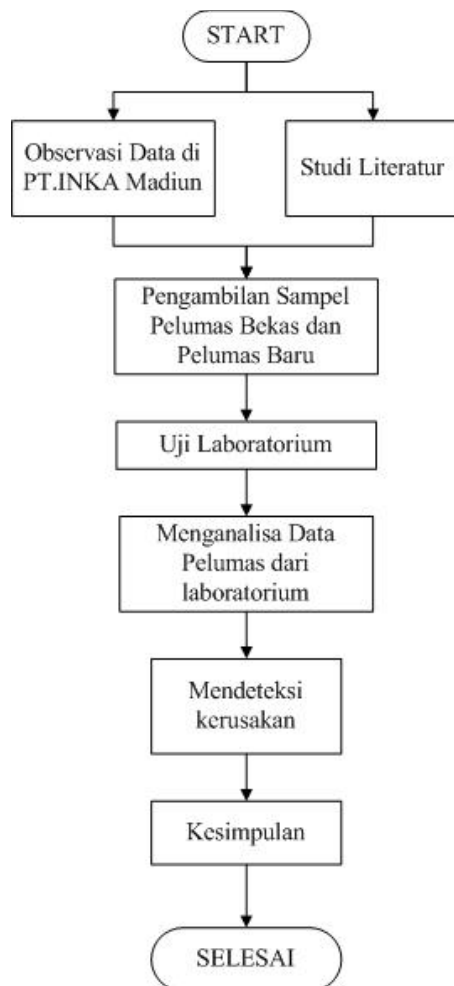
Tujuan yang dapat dicapai dengan penerapan FMEA:

- Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya
- Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
- Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Pengujian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1.1. Tahap Pengumpulan Data dan Analisa

Dari studi literatur dan observasi mengenai Gearbox pada Overhead crane, dilakukan pengambilan pelumas dengan metode oil sampling pada gearbox. Setelah mendapatkan oil sampling dilakukan pengujian di laboratorium Energi LPPM ITS dan Sucofindo. Data yang di uji meliputi: viskositas, kadar air, TAN, TBN, dan wear partikel. Hasil uji laboratorium yang didapat kemudian dianalisa dilakukan penganalisaan apa penyebab penyebab kerusakan pada gearbox kemudian dilakukan analisa pemecahan apa sajakah cara penanganan kerusakan yang terjadi.

3.1.2. Syarat gearbox rusak

Ketika nilai viskositas, water contamination, TAN, TBN telah melebihi batas maka menunjukkan bahwa pelumas yang sedang digunakan sudah tidak layak pakai. Apabila dipakai secara terus menerus tanpa ada penggantian pelumas baru akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada gearbox. Untuk nilai wearpartikel yang telah melebihi batas maka menunjukkan bahwa gearbox telah mengalami kerusakan berupa keausan.

3.1.3. Kriteria gearbox rusak

Gearbox dapat dikatakan rusak atau tidak dapat bekerja dengan baik ketika terjadi vibrasi yang tinggi, overheating, roda gigi mengalami overclearance, roda gigi mengalami aus, dan saat beroperasi menimbulkan bunyi yang keras

3.2. Metode Uji Oil Sampling

Oil Sampling adalah salah satu program *condition monitoring* yang merupakan *maintenance management tool* untuk memprediksi potensi kerusakan secara dini dengan metode analisa pada sampel fluida (oil, lubricant, fuel) yang dilakukan di laboratorium. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai *Oil Used Analysis* sebagai program SOS (*Schedule Oil Sampling*)

. Beberapa manfaat dari melakukan program SOS (*Schedule Oil Sampling*) adalah :

1. Membantu dalam meramalkan keausan yang menyebabkan kerusakan.

2. Menghindarkan dari kerusakan yang lebih besar.
3. Membantu deteksi awal maintenance yang diperlukan.
4. Mengurangi waktu perbaikan.
5. Memperbaiki dan memonitor maintenance planning.
6. Menghindarkan dari perbaikan yang tidak diperlukan.
7. Membantu dalam meramalkan keausan yang menyebabkan kerusakan.
8. Menghindarkan dari kerusakan yang lebih besar.
9. Membantu deteksi awal maintenance yang diperlukan.
10. Mengurangi waktu perbaikan.
11. Memperbaiki dan memonitor maintenance planning.
12. Menghindarkan dari perbaikan yang tidak diperlukan.

Element dari oil yang akan dianalisa terdiri dari tiga kategori, yaitu:

1. *Metal Wear Analysis*, merupakan pengukuran terhadap keausan partikel metal <10 mikron, dari bahan komponen yang ada pada sistem dalam satuan ppm (*parts per million*). Contoh: *Iron Fe, Cooper (Cu), Alumunium (Al), Lead (Pb), Chrome (Cr), Tin (Sn), Silver (Ag), Zinc (Zn)*.
2. *Oil Condition Analysis*, menunjukkan kondisi oil dengan mengukur kandungan terlarut dari *soot, sulfur, oxidation nitration, antifreeze, fuel, water*. Ditunjukkan dengan persentase yang diijinkan yang dibandingkan dengan kondisi oil baru sebagai referensi.
3. *Chemical & Physical Analysis*, terdiri dari pengukuran *water, fuel, glycol contamination, particle count, filtergram, TBN (Total Base Number), Viscosity, particle quatifier*.

3.2.1. Metode pengambilan Oil Sampling

Berikut ini adalah instruksi kerja pengambilan sampel minyak untuk uji laboratorium:

1. Persiapan :
 1. Siapkan botol kaca / botol polyethylene, dan pastikan botol kering bebas dari air.
 2. Pastikan lokasi minyak yang akan diambil sampelnya.
 3. Gunakan APD secara lengkap
2. Pelaksanaan :
 1. Buka valve sampling (Gunakan kunci F bila diperlukan).
 2. Isi botol dengan minyak sampel sampai penuh, lalu buang, lakukan sebanyak 2x.
 3. Isi botol sampel sampai penuh hingga tidak ada udara yang terjebak dalam botol.
 4. Segera tutup botol contoh agar tidak terkena kontaminan dari luar.
 5. Ambil sampel minyak ke dalam botol sampai penuh dan melebar.
 6. Tutup kembali valve.
 7. Tutup segera botol gelas.
3. Tindakan akhir :
 1. Beri label pada sampel minyak.
 2. Simpan sampel minyak dan lindungi dari panas maupun sinar matahari secara langsung.
 3. Segera bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian dan analisa.

3.3. Uji Oil Analysis

Pada metode uji *Oil Analysis* ini menggunakan prosedur dan beberapa alat dalam melakukan pengujian minyak pelumas, antara lain:

A. Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Pengujian densitas oli pada suhu 15°C menggunakan alat pycnometer (botol gravitasi spesifik).



Gambar 3.2 Picnometer

B. Viskositas Kinematik

Digunakan untuk mengukur kekentalan minyak pelumas. Mengukur dan mengetahui nilai kekentalan minyak pelumas sangatlah penting dalam memastikan kondisi sistem pelumasan. Nilai kekentalan merupakan parameter yang sangat penting dari pelumas. Minyak pelumas dengan nilai kekentalan yang tepat dapat menghasilkan lapisan film pelumas yang kuat pada bantalan, meminimalkan resiko gesekan dan kebocoran.



Gambar 3.3 Viscometer

Sumber: machinerylubrication.com

C. Kandungan Air (*Water Contamination*)

Pengukuran kandungan air (*water content*) pada oli menggunakan metode ASTM D1796. Metode ASTM D1796 merupakan metode uji standar untuk mengetahui kadar air dan sedimen pada oli dengan rentang volume 0 hingga 30%. Metode ini menggunakan konsep sentrifugal untuk mendapatkan nilai kandungan air dan tingkat sedimen oli. Gambar berikut menunjukkan tabung sentrifugal yang digunakan untuk pengujian kandungan air.



Gambar 3.4 Tabung sentrifugal

D. Total Acid Number (TAN) dan Total Base Number (TBN)



Gambar 3.5 Titrator

Prosedur untuk mendapatkan nilai *acid number*, yaitu:

Pada layar pertama, di sample type pilih kotak define dan tekan start. Ikuti perintah yang muncul pada layar. Kemudian tempatkan beaker kosong dengan stir bar dibawah probe holder. Tambahkan 75 ml dan tekan OK. Pastikan kedua elektroda tercelup. Pada akhir titrasi, jumlah equivalen yang terkumpul dalam blank ditampilkan dan otomatis terekam. Tekan next dan pilih new sample.

3.4. Spesifikasi Crane dan Gearbox

Certificate No.	: 00470313	N/W No. : SCC-5714356	March 25, 2013
Customer	: PT. Tajimaka Indonesia Jl. Jemur Sari V/3 Surabaya 60237		
Site	: PT. Industri Kereta Api (INKA) WSP Lokomotive - INKA Madiun - Gd. Utara Jl. Yos Sudarso No. 71 Madiun 63122		
Manufacturer	: PT. MHE-Demag Indonesia – Surabaya		
Equipment	: Double-girder Electric Overhead Travelling Crane (ZKKE)		
Type	: EZDR-Pro 10-10,0 4/1-10 Z-5/0,8		
Girder S/No.	: 570-A01-0900-1112		
Speeds & Motor Size			
Main Hoisting Speed	: 5/0,8	m/min.	8,9/1,4 kW 40/20 %ED
Aux. Hoisting Speed	: N/A	m/min.	N/A kW N/A %ED
Cross Travel Speed	: 5/20	m/min.	0,8/0,2 kW 40/40 %ED
Long Travel Speed	: 10/40	m/min.	2x 0,8/0,2 kW 40/40 %ED
Main Components			
Main Hoist Type	: FDR-Pro 10-10,0 4/1-10 Z-5/0,8		S/No. : 962 269 82
Main Hoist Motor Type	: ZBR 132 D 12/2 B140		S/No. : 342 719 96
Aux. Hoist Type	: N/A		S/No. : N/A
Cross Travel Gearbox(es)	: AMK 30DD-M0-35-I-55,7		S/No. : 503 157 85
Cross Travel Motor(s)	: ZBF 90 B 8/2 B020		S/No. : 503 157 85
Long Travel Gearbox / Motor1	: ADE 30DD-M0-45-I-45,5 / ZBF 90 A 8/2 B020		S/No. : 503 252 26
Long Travel Gearbox / Motor2	: ADE 30DD-M0-45-I-45,5 / ZBF 90 A 8/2 B020		S/No. : 503 252 27
Crane Group	: H2 B3 in accordance with DIN 15018		
Safe Working Load (SWL)	: 10 Tonnes		
Power Supply	: 380 V / 3 Phase / 50 Hz		
Control Voltage	: 42 Volts		
Year of Manufacturing	: 2 0 1 2		

Gambar 3.6 Spesifikasi overhead crane
Sumber: Dokumen Intruksi Operasional Demag Crane, 2005

Tabel 3.1 Spesifikasi gearbox overhead crane

Function conditions for standard design	
Transport temperature	-20 ... +40°C
Storage temperature	0 ... +40°C
Storage conditions	Dry, indoors
Ambient operating temperature	-10 ... +50°C
Environment	Low dust level, acid free
Coolant	Air
Coolant temperature	max. +40°C
Installation site height	max. 1000 m above sea level
Air circuit	Free circulation
Enclosure	IP 55
Mounting arrangement	Low vibration
Working clearance	Ensure free air circulation
Max. input speed	3600 rpm
Lubrication	see rating plate

Sumber: Dokumen Intruksi Operasional Demag Crane, 2005

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data-data hasil kerusakan pada Gearbox Overhead Crane di PT. INKA Madiun. Dalam proses kerja Gearbox Overhead Crane berjalan secara terus menerus untuk memenuhi kebutuhan produksi, untuk mengurangi hal-hal yang tidak diinginkan dan menjaga kinerja Gearbox Overhead Crane tetap stabil maka diperlukan suatu maintenance.

Pada bab empat ini akan dijelaskan secara terperinci lagi tentang masalah yang terjadi pada *gearbox*, penyebab kerusakan pada *gearbox*, dan cara mengidentifikasi masalah yang terjadi pada *gearbox*, serta solusi permasalahan *gearbox*.

4.1 Standard of Oil Used Analysis Inspection

Dengan mengetahui kondisi pelumas pada sebuah *gearbox* kita dapat melakukan suatu analisa kerusakan yang terjadi dan faktor apa yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada material tersebut. Data yang digunakan untuk menganalisa suatu pelumas yaitu *Spesifik gravity*, TAN, TBN, *Wearparticle*, *Water content*, *Kinematic viscosity*. Dari data yang ada beberapa hasil yang melebihi batas normal, kemudian dibandingkan dengan tabel tindakan *oil used analysis* standard ASTM (American Society for Testing and Materials).

Setelah melakukan perbandingan analisa data pada pelumas, kita membuat sebuah Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada *Gearbox Overhead Crane* serta efek yang terjadi akibat adanya kerusakan apada *Gearbox*, dan mampu menentukan tindakan yang tepat dalam pencegahan terjadinya kerusakan tersebut.

4.1.1 Spesifikasi Pelumas

Nama Produk : RORED HDA-90

Produsen : PERTAMINA

Tabel 4.1 *Physical and Chemical Data* RORED HDA-90

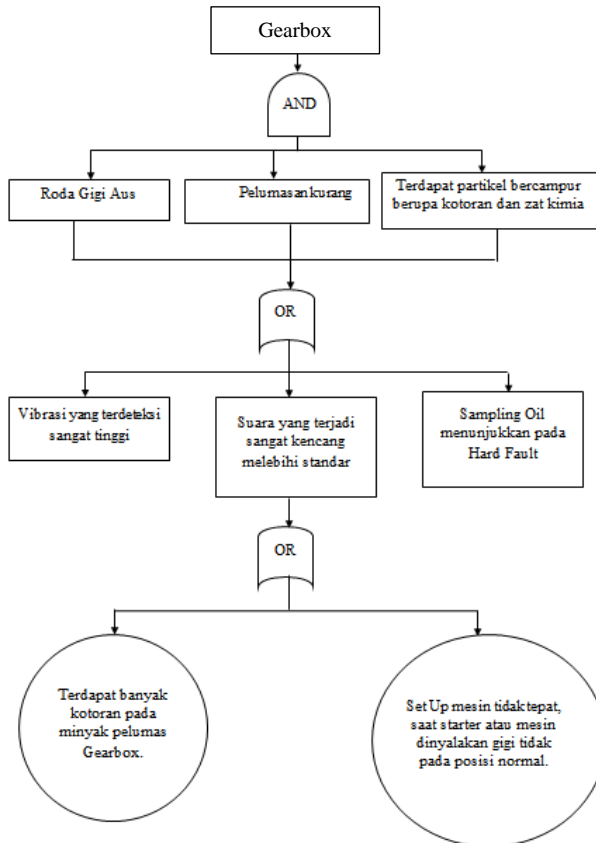
9. PHYSICAL AND CHEMICAL DATA			
No. SAE	:	90	
Kinematic Viscosity at 40°C, cSt	:	176.22	(ASTM D-445)
100°C, cSt	:	16.79	(ASTM D-445)
Viscosity Index	:	100	(ASTM D-2270)
Specific Gravity, 15/4°C	:	0.9018	(ASTM D-4052)
Colour ASTM	:	Green	(ASTM D-1500)
Flash Point (COC), °C	:	204	(ASTM D-92)
Pour Point, °C	:	- 18	(ASTM D-97)
Total Base Number, mgKOH/g	:	-	(ASTM D-2896)



Gambar 4.1 Oil Sampling Pelumas Baru dan Pelumas Bekas
Sumber: PT INKA (Persero) Madiun

4.1.2 Failure Tree Analysis

Gambar 4.1 Diagram *Fault Tree Analysis* penyebab kerusakan Gearbox Overhead Crane menjelaskan penyebab terjadinya kerusakan pada *Gearbox Overhead Crane* dengan menggunakan *Failure Tree Analysis*:



Gambar 4.2 Diagram *Fault Tree Analysis* penyebab kerusakan pada Gearbox Overhead Crane

4.1.3 Failure Mode and Effect Analysis

Tabel 4.2 *Tabel Failure Mode and Effect Analysis* pada Gearbox Overhead Crane menjelaskan tentang hasil dari Failure Mode and Effect Analysis pada Gearbox Overhead Crane di PT. INKA Madiun.

Unit : Crane
 System Name : Overhead Crane System
 Equipment Name : Overhead Crane 50 ton
 Analisis : Tomy Karunia

Tabel 4.2 *Tabel Failure Mode and Effect Analysis* pada Gearbox Overhead Crane

No	Equipment	Sub Equipment	Failure Mode	Failure Effect		Failure Cause	Tindakan Saat Ini	Failure Defense Task / Recommendation
				local	sistem			
1	Overhead Crane 50 ton	Gearbox Overhead Crane 50 ton	Gear aus / overheating	Mengurangi efisiensi gearbox	Menurunnya kinerja dari crane	Roda gigi pada gearbox aus atau patah secara bertahap	Predictive maintenance berkala	Cek kerusakan pada gearbox menggunakan metode oil used analysis
						Overheating	Penggantian gear	

4.1.4 Analisa Penyebab Kerusakan *Gearbox*

Berdasarkan *oil used analysis* dan setelah mengidentifikasi kerusakan menggunakan Fault Tree Analysis dan Failure Mode and Effect Analysis maka dapat dijelaskan penyebab kerusakan *Gearbox Overhead Crane* adalah sebagai berikut :

1. Kesalahan Pemasangan Missalignment

Gearbox memerlukan penyelarasan secara presisi dengan Motor untuk memastikan efisien dan tidak terjadi kerusakan pada saat mesin bekerja. Keselarasan *gearbox* mengacu pada posisi *gearbox* dalam kaitannya dengan unit penggerak/digerakkan untuk memastikan bahwa *gearbox* dan shaft selaras satu sumbu dengan sempurna.

2. Human Error ketika pengoperasian

Kesalahan yang diakibatkan oleh factor manusia kemungkinan disebabkan oleh pekerjaan yang berulang-ulang (*repetitive work*) dengan kemungkinan kesalahan. Adanya kesalahan yang terjadi yang disebabkan oleh pekerjaan yang berulang ini sedapat mungkin harus dicegah atau dikurangi, yang tujuannya untuk meningkatkan keandalan seseorang dengan menurunkan tingkat kesalahan yang terjadi.

3. Kurangnya Pelumasan

Untuk bekerja dengan baik, setiap permukaan pada *part gear* harus bergerak pada lapisan tipis film cair. Jika tidak ada, maka permukaan keras dari gears akan bergesekan secara langsung antar dua permukaan dan mudah panas secara cepat dan menyebabkan keausan pada setiap benda yang berputar hingga terjadi kegagalan dalam beroperasi. Hal tersebut akan merusak setiap benda yang berputar dan bergesekan pada permukaannya hanya dalam hitungan menit bahkan detik, sehingga sangat perlu digunakan lapisan tipis film cair pada saat beroperasi dan pastikan. Kurangnya pelumasan pada *gearbox* sering dialami ketika mesin berputar tersebut mensirkulasi minyak pelumas namun terjadi kerusakan pada *oil seal gear* sehingga mengalami kebocoran dan berdampak pada berkurangnya minyak pelumas di dalam *gearbox*.

4. Roda gigi mengalami *Overclearance*

Dengan fungsinya sebagai penggerak dan pemindah daya, *clearean* dari roda gigi gear harus selalu diperhatikan demi memaksimalkan kinerja dari *gears* agar tidak terjadi slip atau aus. Jika roda gigi (*gears*) mengalami *overclearance* maka kemungkinan besar terjadi pada proses perpindahan daya antar gear akan terganggu karena bisa slip antargears. Maka dalam riilnya harus sangat diperhatikan kondisi *gears* agar tidak terjadi *overclearance*.

5. Roda gigi aus dan patah secara bertahap

Fungsi roda gigi (*gears*) sebagai pemindah daya dengan putaran antar gearnya, sangat berbahaya jika terjadi kerusakan pada salah satu gear karena hal ini dapat mengganggu kinerja gearbox. Bahaya yang ditimbulkan berupa kerusakan pada part lain dan beban motor bertambah sehingga mengurangi efisiensi dari *gearbox* itu sendiri. Inspeksi rutin sangat diperlukan untuk menjaga ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi *gearbox*.

4.2 Analisa Data Hasil Uji Laboratorium

Setelah melakukan pengambilan oil sampling pada gearbox overhead crane. Hasil oil sampling diuji di laboratorium Lab Energi ITS dan Sucofindo untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk menganalisa kerusakan pada gearbox.

4.2.1 Data hasil analisa laboratorium

Tabel 4.3 Data hasil uji laboratorium

No	Jenis Uji	Metode Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	
				Pelumas Baru	Pelumas Bekas
1	Water Content	ASTM D1796	%	0,03	0,19
2	Densitas at 15°C	-	Gr/cm ³	0,89	0,89
3	Kinematic Viscositas :				
	at 40°C	ASTM D 445-97	Cst	180,7	160,58
	at 100°C	ASTM D 445-97	Cst	21,39	17,55
4	Acid number	ASTM D 974	mg KOH/g	0,21	0,38
5	Base Number	ASTM D 974	mg KOH/g	0,43	0,24

Sumber: Laboratorium Energi LPPM-ITS

Tabel 4.4 Data hasil uji laboratorium wearparticle

Wear metal	Hasil (ppm)		Batas(ppm)
	Pelumas Baru	Pelumas Bekas	
Iron	3	105	>100
Copper	0.2	1.5	>3
Tin	0	0	>2
Lead	0	0	>3
Chrom	0,3	1,2	>2
Nickel	0	0	>2
Aluminium	0	0	>2
Titan	0	0	>2
Silver	0	0	>2

Sumber: Laboratorium Sucofindo

4.2.2 Metode Pengujian

- **Atsm D1796 (Water Content)**

- a) Isi masing-masing dua tabung centrifuge (5,2) ke tanda 50-mL dengan sampel tercampur langsung dari wadah sampel. Menggunakan pipet, tambahkan 50 mL pelarut air jenuh (6.1). Baca bagian atas meniskus baik pada 50 dan 100 tanda mL. Sumbat tabung erat dan kocok kuat-kuat sampai isinya dicampur. Kendurkan sumbat pada tabung dan merendam tabung ke tanda 100-mL selama 10 menit di kamar mandi dipertahankan pada 60-61°C.
- b) Kencangkan sumbat dan lagi membalikkan tabung untuk memastikan bahwa minyak dan pelarut seragam campuran dan kocok dengan hati-hati. (Peringatan-Secara umum, tekanan uap hidrokarbon pada 60 ° C (140 ° F) sekitar dua kali lipat pada 40 ° C (104 ° F). Akibatnya, membalikkan tabung pada posisi di bawah tingkat mata sehingga kontak yang akan dihindari jika stopper yang ditiup keluar.)
- c) Tempatkan tabung dalam cangkir trunnion di sisi berlawanan dari centrifuge untuk membentuk kondisi seimbang dan memastikan bahwa tabung dan sumbat tidak menyentuh tabung berdekatan atau sebaliknya ketika dalam posisi diperpanjang. Berputar selama 10 menit pada tingkat, dihitung dari persamaan yang diberikan dalam 5.1.6, cukup untuk menghasilkan gaya sentrifugal relatif (RCF) antara 500 dan 800 di ujung tabung berputar-putar (lihat Tabel 2 untuk hubungan antara diameter ayunan, gaya sentrifugal relatif, dan putaran per menit). Mempertahankan suhu sampel selama seluruh prosedur pemusingan pada 60 61 ° C (140 6 1,8 ° F). (Lihat Catatan 4.)
- d) Segera setelah centrifuge datang untuk beristirahat setelah spin (memastikan tabung segera dibawa ke posisi vertikal setelah centrifuge berhenti karena hasilnya mungkin akan terpengaruh jika tabung datang untuk beristirahat di sudut), membaca dan merekam volume gabungan dari air dan

sedimen di bagian bawah masing-masing tabung ke terdekat 0,05 ml dari 0,1 hingga 1 mL wisuda dan ke 0,1 mL terdekat di atas wisuda 1-mL. Di bawah 0,1 mL, perkiraan ke terdekat 0,025 mL (lihat Gambar. 2). Jika kurang dari 0,025 ml air dan sedimen terlihat dan itu bukan volume yang cukup besar untuk dipertimbangkan 0.025 mL, mencatat volume kurang dari 0,025 mL. Jika tidak ada air atau sedimen terlihat, merekam volume sebagai 0.000 mL. Kembali tabung tanpa agitasi ke centrifuge dan berputar selama 10 menit pada tingkat yang sama.

- e) Ulangi operasi ini sampai volume gabungan dari air dan sedimen tetap konstan selama dua bacaan berturut-turut. Secara umum, tidak lebih dari dua spinings diperlukan.
- 8.6 Jika perbedaan antara volume akhir tidak lebih besar dari satu subdivisi pada tabung centrifuge (lihat Tabel 1), atau tidak lebih besar dari 0,0025 mL untuk volume diperkirakan 0,10 mL atau lebih rendah, dilanjutkan dengan perhitungan air dan sedimen konten menggunakan Persamaan 5 seperti yang dijelaskan dalam Bagian 9. Jika perbedaannya lebih besar dari satu bagiannya atau, untuk pembacaan 0,10 atau di bawah, lebih besar dari 0,025 mL, pembacaan yang tidak dapat diterima. Jika hal ini terjadi, ulangi langkah mulai dari point (a).

- **Densitas**

- a) Isi sekitar $\frac{1}{3}$ volume pycnometer dengan object yang terbuat dari material uji dan ukur.
- b) Tambahkan air pada pycnometer sehingga lubang kapiler di stopper terisi penuh dengan air. Keringkan air yang bocor melalui lubang kapiler dengan kertas saring dan mengukur berat total. Empty pycnometer and filled it with distilled water only. Use the filter paper to dry the spare water again and measure the weight m3.

- c) Kosongkan pycnometer. Bilas sekali dengan densitas zat cair yang memiliki densitas yang sama. Isi pycnometer dengan zat cair sebelumnya dan ukur m_4 .
- d) Ulangi percobaan (e) untuk beberapa benda cair yang berbeda.
- e) Bersihkan pycnometer secara hati-hati setelah melakukan pengujian. Bersihkan dengan air bersih dan biarkan.
- f) Ukur temperature ruangan laboratorium. Pengukuran temperature pada benda cair dan padat.
- g) Hitung berat air $m_{H_2O} = m_3 - m_0$, berat benda cair yang diukur $m_L = m_4 - m_0$ dan tentukan densitas. Ulangi semua percobaan untuk semua benda cair yang diukur
- h) Selanjutnya, hitung berat benda padat $m_S = m_1 - m_0$ dan tambahkan berat air
- i) Hitung volume objek dan densitasnya

- **Astm D 445 (Viskositas)**

- a) Mengatur dan memelihara mandi viskometer pada suhu pengujian yang diperlukan dalam batas yang diberikan dalam 6.3.1 dengan mempertimbangkan kondisi yang diberikan dalam Lampiran A2 dan koreksi yang diberikan pada sertifikat kalibrasi untuk termometer.
- b) Termometer dapat dimintai dalam posisi tegak dalam kondisi yang sama perendaman seperti ketika dikalibrasi.
- c) Untuk mendapatkan pengukuran temperatur yang paling dapat diandalkan, dianjurkan bahwa dua termometer dengan sertifikat kalibrasi yang valid digunakan (lihat 6.4). Mereka harus dilihat dengan lensa perakitan memberikan sekitar lima kali pembesaran dan diatur untuk menghilangkan kesalahan paralaks.
- d) Pilih, kering, viskometer bersih dikalibrasi memiliki berbagai meliputi viskositas kinematik diperkirakan (yaitu, kapiler lebar untuk cairan yang sangat kental dan kapiler sempit untuk cairan lebih cair). Waktu alir untuk Alat ukur kekentalan pengguna tidak kurang dari 200 s atau lebih

lama waktu dicatat dalam Spesifikasi D 446. Arus kali kurang dari 200 s diizinkan untuk Alat ukur kekentalan otomatis, dengan memenuhi persyaratan 6.1.2.

- e) Rincian khusus operasi bervariasi untuk differentmtypes dari Alat ukur kekentalan yang tercantum dalam Tabel A1.1. Instruksi operasi untuk berbagai jenis Alat ukur kekentalan diberikan dalam Spesifikasi D 446.
- f) Bila suhu uji di bawah titik embun, fillm, viskometer dengan cara yang normal seperti yang diperlukan dalam 11.1. Untuk memastikan bahwa air tidak mengembun atau membekukan di dinding kapiler, menggambar bagian uji ke kapiler dan waktu lampu bekerja, tempat karet sumbat ke dalam tabung untuk memegang porsi tes di tempat, dan masukkan viskometer ke kamar mandi. Setelah penyisipan, memungkinkan viskometer untuk mencapai suhu mandi, dan menghapus sumbat. Ketika melakukan penentuan viskositas manual, tidak menggunakan mereka ukur kekentalan yang tidak dapat dihapus dari mandi suhu konstan untuk pengisian porsi sampel.
- g) Penggunaan tabung pengeringan longgar dikemas ditempelkan di ujung terbuka dari viskometer yang diizinkan, tetapi tidak diperlukan. Jika digunakan, tabung pengeringan harus sesuai dengan desain viskometer dan tidak membatasi aliran sampel oleh tekanan dibuat dalam instrumen.
- h) Viscometers digunakan untuk cairan silikon, fluorocarbons, dan cairan lain yang sulit untuk menghapus dengan menggunakan agen pembersih, harus disediakan untuk penggunaan eksklusif mereka cairan kecuali selama kalibrasi mereka. Alat ukur kekentalan seperti tunduk kalibrasi cek pada interval yang sering. Pencucian pelarut dari Alat ukur kekentalan tersebut tidak boleh digunakan untuk membersihkan Alat ukur kekentalan lainnya.

- **ASTM D 974 (TAN)**

Jalankan aplikasi TAN (KOH).

Pada layar pertama, dalam jenis Sampel memilih Tentukan kosong dan tekan Start. Ikuti petunjuk membilas di layar. Kemudian, menempatkan gelas kosong dengan batang bawah pemegang penyelidikan. Tambahkan 75 mL dan tekan OK. Pastikan bahwa kedua elektroda terbenam. Pada akhir titrasi, volume setara sesuai dengan kosong ditampilkan dan otomatis dicatat. Tekan *Next* dan memilih *New Sample*.

Beratnya sekitar 2 g minyak dalam mL gelas kimia 100. Pada tipe Sampel memilih Sampel dengan kosong dan tekan Start. Ikuti petunjuk membilas di layar. Kemudian, letakkan gelas yang berisi sampel dan batang bawah pemegang penyelidikan. Tambahkan 75 mL pelarut dan tekan OK. Pastikan bahwa kedua elektroda terbenam. Pada akhir titrasi, TAN ditampilkan dalam mg KOH per gram sampel. Hasil ini dihitung dengan mempertimbangkan kosong ditentukan sebelumnya.

Dengan menekan Berikutnya adalah mungkin untuk:

- a) Meniru sampel. Ini digunakan untuk mempelajari pengulangan dengan menganalisis beberapa sampel berturut-turut. Pada akhir setiap titrasi, jendela menampilkan nilai rata-rata, standar deviasi (SD di g / L) dan standar deviasi relatif (RSD dalam%).
- b) Menganalisis sampel baru. titrasi lain dapat dimulai tapi tidak ada Standard Deviasi dan RSD nilai akan dibuat.

- **ASTM D 974 (TBN)**

Jalankan TBN aplikasi (HClO₄).

Pada layar pertama, dalam jenis Sampel memilih Tentukan kosong dan tekan Start. Ikuti indikasi membilas di layar. Kemudian, menempatkan gelas kosong dengan batang bawah pemegang penyelidikan, tambahkan 60 mL pelarut dengan silinder lulus dan pastikan bahwa kedua elektroda terbenam. Pada akhir titrasi, volume setara sesuai dengan kosong ditampilkan dan otomatis dicatat. Tekan *Next* dan memilih sampel *New*.

Catatan: Untuk setiap set sampel membuat kosong pada 60 mL titrasi pelarut.

Timbang sampel dalam gelas titrasi sesuai dengan rekomendasi yang diberikan dalam bagian 4.1. Pada tipe Sampel memilih Sampel dengan kosong (atau Contoh jika kosong adalah 0 mL) dan tekan Start.

Ikuti indikasi membilas di layar. Kemudian, letakkan gelas yang berisi sampel dan batang bawah pemegang penyelidikan, tekan OK. Tambahkan 60 mL pelarut dengan silinder lurus, memastikan bahwa kedua elektroda direndam dan tekan OK. Titrasi akan dimulai setelah 15 detik delay. Pada akhir titrasi, TBN ditampilkan dalam mg KOH per gram sampel.

Dengan menekan Berikutnya adalah mungkin untuk:

- a) Meniru sampel. Ini digunakan untuk mempelajari pengulangan dengan menganalisis beberapa sampel berturut-turut. Pada akhir setiap titrasi, jendela menampilkan nilai rata-rata, standar deviasi (SD di mg / g) dan standar deviasi relatif (RSD dalam%).
- b) Menganalisis sampel baru. titrasi lain dapat dimulai tapi tidak ada Standard Deviasi dan RSD nilai akan dibuat.

Tabel 4.5 Default settings for titrant calibration

Name	Default parameter	Unit
<i>Titrant</i>		
Name	HClO ₄	
Titrant concentration	0.1000	[eq/L]
Syringe	Syringe 1	
<i>Standard</i>		
Name	Potassium hydrogen phthalate	
Amount	80	[mg]
Amount min	50	[mg]
Amount max	100	[mg]
Molar weight	204.22	[g/mol]
<i>IP titration</i>		
Stirring speed	30	[%]
Measured parameter		[mV]
Predose	1.5	[mL]
Max volume stop point	10	[mL]
Stop on last EQP	True	
Delay	0	[s]
Min increment size	0.05	[mL]
Max increment size	0.2	[mL]
Result name	Titer	
Result resolution	4 decimals	
Result min	0.09	[eq/L]
Result max	0.11	[eq/L]

4.2.3 Analisa hasil data laboratorium

PROPERTI PELUMAS

1. Viskositas

Viskositas pada suhu 40 °C

- Kondisi pelumas baru 180.7 Cst sedangkan kondisi pelumas bekas 160.58 Cst.
- Batasan oli pada suhu 40 °C didapat 10% dari pelumas baru yaitu 162 Cst

Viskositas pada suhu 100 °C

- Kondisi pelumas baru 21,9 Cst sedangkan kondisi pelumas bekas 17,55 Cst
- Batasan oli pada suhu 100 °C adalah didapat 10% dari pelumas baru yaitu 20,2 Cst
- Hasil data menunjukkan viskositas pada suhu 100°C lebih rendah dari batas yang ditentukan yaitu 20,2 Cst.
- Penurunan viskositas adalah salah satu indikasi terjadi overheating dan water contamination pada pelumas.

2. *Total Acid Number (TAN)*

- Kondisi pelumas baru 0,21 mgKOH/g
- Kondisi pelumas bekas 0,38 mgKOH/g
- Batasan TAN didapat dari 50% data pelumas baru yaitu 0,35 mgKOH/g
- Hasil data menunjukkan TAN pada pelumas bekas lebih rendah dari batas yang ditentukan yaitu 0,35 Cst.
- Perubahan TAN adalah salah satu indikasi terjadi water contamination dan corrosive wear condition.

3. *Total Base Number (TBN)*

- Kondisi pelumas baru 0,43 mgKOH/g
- Kondisi pelumas bekas 0,24 mgKOH/g
- Batasan TBN didapat dari 50% data pelumas baru yaitu 0,25 mgKOH/g
- Hasil data menunjukkan TBN pada pelumas bekas lebih rendah dari batas yang ditentukan yaitu 0,35 Cst.
- Perubahan TBN adalah salah satu indikasi terjadi water contamination dan corrosive wear condition.

4. *Spesifik Gravity*

- Kondisi pelumas baru 0,89 gr/cm³
- Kondisi pelumas bekas 0,89 gr/cm³
- Spesifik Gravity tidak mengalami perubahan yang besar

5. Kontaminasi Air

- Kondisi pelumas baru 0,03 %
- Kondisi pelumas bekas 0,19 %
- Batasan Kontaminasi air adalah lebih dari 1%

6. Wear Metal

- Iron pada pelumas baru sebesar 3 ppm dan pada pelumas bekas sebesar 105 ppm. Sehingga terjadi kenaikan sebesar 102 ppm
Batasan kontaminasi iron adalah 100 ppm
- Copper pada pelumas baru sebesar 0,2 ppm dan pada pelumas bekas sebesar 1,5 ppm. Sehingga terjadi kenaikan sebesar 1,2 ppm
Batasan kontaminasi copper adalah 3 ppm
- Chrom pada pelumas baru sebesar 0,3 ppm dan pada pelumas bekas sebesar 1,2 ppm. Sehingga terjadi kenaikan sebesar 0,9 ppm
Batasan kontaminasi chrom adalah 3 ppm

a. Analisa Data Uji Karakteristik Minyak Pelumas

Meninjau dari Tabel 4.3, gearbox Overhead Crane yang menunjukkan data abnormal, dengan data sebagai berikut, SG (specific gravity) menunjukkan nilai kadar asam menunjukkan angka 0.38 yang artinya jika nilai tersebut melebihi data produk dapat berakibat kontaminasi yang berbahaya bagi mesin gearbox.

Pada gambar Gambar 4.3, terlihat bahwa nilai wear (keausan) pada uji karakteristik minyak pelumas gearbox dengan nilai pada iron sebesar 105 ppm dengan batasan maksimal 100 ppm sehingga minyak pelumas tersebut berada pada kondisi high fault dimana pelumas telah tercampur dengan gram-gram akibat gesekan antar gears yang mengalami aus dan patah. Dengan pengukuran menggunakan metode oil used analysis ini, maka telah dilihat bahwa memang terdapat masalah pada gearbox overhead crane sehingga dapat dilakukan perawatan maintenance.

b. Penyebab Kerusakan *Gearbox Overhead Crane* di Lapangan

Dengan meninjau data tabel *oil used analysis* serta setelah mengidentifikasi kerusakan menggunakan *Fault Tree Analysis* dan *Failure Mode and Effect Analysis* maka dapat dijelaskan beberapa penyebab kerusakan *gearbox Overhead Crane* adalah sebagai berikut :

- **Roda Gigi *Gearbox* Mengalami Aus / Patah secara bertahap.**

Inspeksi rutin sangat diperlukan untuk menjaga ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi *gearbox*. Pentingnya fungsi dari *gearbox* ini yaitu sebagai speed reducer antara motor dengan roda. Pada *gearbox overhead crane* terjadi kerusakan, setelah dilakukan analisa *predictive maintenance dengan metode oil used analysis*, terjadinya kerusakan *gearbox* diakibatkan oleh adanya salah satu roda gigi yang aus dan patah secara bertahap sehingga mengakibatkan keausan pada roda gigi lainnya akibat adanya gesekan secara terus menerus. Berawal dari vibrasi dari motor dan diteruskan ke *gearbox* sehingga terjadi gesekan secara terus menerus, karena *gearbox* berada di tempat yang sulit dijangkau, maka dalam beroperasi *gearbox* akan mengalami keausan secara bertahap tanpa diketahui.



Gambar 4.3 Roda gigi mengalami keausan di dalam gearbox

Sumber: PT INKA (Persero) Madiun

4.2.4 Hubungan kandungan wearparticle terhadap kerusakan gearbox

Ketika motor crane bekerja akan menghasilkan vibrasi, kemudian vibrasi pada motor crane tersebut akan mempengaruhi vibrasi gearbox. Vibrasi pada gearbox mengakibatkan roda gigi saling bergesekan secara tidak normal. Gesekan pada gearbox yang berlebihan menyebabkan partikel-partikel dari roda gigi mengalami patah secara bertahap (keausan). Partikel-partikel tersebut tercampur dengan pelumas.

Jika metode *oil used analysis* digunakan untuk menentukan kondisi nyata dari sampel oli sedangkan *wear particle analysis* dapat memberikan informasi langsung tentang keausan dari mesin (Mobley, 2002). Pada hasil uji laboratorium pada pelumas lama menunjukkan nilai partikel besi (Fe) yang melebihi batas nilai lebih dari 100 ppm. Semakin tinggi nilai kandungan wear partikel pada pelumas bekas menunjukkan semakin tinggi pula tingkat keausan yang telah terjadi di dalam gearbox.

4.3 Karakteristik gearbox rusak

a) Gearbox mengalami Vibrasi

Vibrasi / Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Batasan vibrasi pada gear adalah 4 – 1000 Hz.

b) Gearbox mengalami Overheating

Sekitar 90% dari semua kegagalan transmisi otomatis disebabkan oleh overheating transmisi, jadi ini bukan sesuatu yang bisa dianggap enteng. Overheating dapat hampir selalu memberitahu Anda apa yang salah dengan transmisi Anda, yaitu bahwa ada sesuatu yang salah dengan cairan transmisi. Cairan transmisi adalah nyawa dari transmisi Anda, menyediakan fungsi penting seperti pendingin untuk pelumasan tekanan fluida dan banyak lagi. Tanpa cairan transmisi cukup atau cairan yang efektif, transmisi Anda akan mulai bertindak keluar.

Temperatur fluida ideal adalah di bawah 175 derajat, tetapi sebagai usia cairan itu mulai rusak dan kehilangan kapasitasnya untuk mendinginkan transmisi. Ini adalah ketika transmisi terjadi overheating. Pada 220 derajat, bentuk pernis. Pada 240 derajat, segel mulai mengeras. Pada 260 derajat, Anda akan sering mengalami transmisi tergelincir piring tergelincir. Pada 295 derajat, segel dan cengkeraman mulai membakar dan bentuk cairan karbon, di mana kegagalan transmisi titik mungkin akan segera terjadi.

c) Roda gigi mengalami Overclearance

Dengan fungsinya sebagai penggerak dan pemindah daya, clearance dari roda gigi gear harus selalu diperhatikan demi memaksimalkan kinerja dari gears agar tidak terjadi slip atau aus. Jika roda gigi (gears) mengalami overclearance maka kemungkinan besar terjadi pada proses perpindahan daya antar gear akan terganggu karena bisa slip antar gears. Maka dalam riilnya harus sangat diperhatikan kondisi gears agar tidak terjadi overclearance.

d) Roda gigi aus dan patah secara bertahap

Fungsi roda gigi (gears) sebagai pemindah daya dengan putaran antar gearnya, sangat berbahaya jika terjadi kerusakan pada salah satu gear karena hal ini dapat mengganggu kinerja gearbox. Bahaya yang ditimbulkan berupa kerusakan pada part lain dan beban motor bertambah sehingga mengurangi efisiensi dari gearbox itu sendiri. Inspeksi rutin sangat diperlukan untuk menjaga ketahanan dan akan lebih dini diketahui jika terjadi keausan dan patah pada gigi gearbox.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan pada Gearbox Mesin overhead Crane pada PT. INKA Madiun, maka dapat ditarik kesimpulan yang bias digunakan perusahaan sebagai salah satu referensi dalam peningkatan efisiensi dan mutu pemeliharaan, serta dapat digunakan dalam penelitian berikutnya yang berkesinambungan. Dari analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Masalah yang dihadapi adalah terjadinya kerusakan pada gearbox pada mesin Overhead crane. Oleh karenanya perlu adanya perawatan gearbox pada overhead crane secara berkala agar tidak mengganggu proses produksi yang berdampak pada penurunan kapasitas produksi.
2. Pada hasil uji laboratorium didapatkan data, yaitu:
 - Hasil uji water content yaitu 0,19%.
 - Hasil uji densitas 15°C yaitu 0,89 Gr/cm³.
 - Hasil uji kinematic viscosity 40°C yaitu 160 Cst dengan batasan 162 Cst.
 - Hasil uji kinematic viscosity 100°C yaitu 17,55 Cst dengan batasan 20,2 Cst.
 - Hasil uji Total Acid Number (TAN) yaitu 0,38 mgKOH/g dengan batasan 0,42 mgKOH/g
 - Hasil uji Total Base Number (TBN) yaitu 0,24 mgKOH/g dengan batasan 0,21 mgKOH/g
 - Hasil uji wear partikel yaitu besi (Fe) sebesar 105 ppm dengan batasan 100 ppm, copper 1,5 ppm dengan batasan 3 ppm dan chrom 1,2 ppm dengan batasan 2 ppm
3. Dari hasil analisa data laboratorium berupa hasil uji wearparticle dengan jumlah partikel besi (Fe) sebesar 105 ppm. Menunjukkan Berdasarkan hasil uji menunjukkan kandungan besi pada pelumas melebihi batas yaitu lebih dari 100 ppm. Hal

ini membuktikan bahwa kerusakan gearbox pada overhead crane berupa keausan diakibatkan pelumas yang overheating.

4. Kerusakan yang terjadi pada gearbox mesin Overhead crane, dapat diatasi dengan melakukan perawatan dengan pemantauan kondisi yang terjadwal, apabila *gearbox* mengalami kerusakan, perawatan disesuaikan dengan kondisi kerusakan yang terjadi pada peralatan tersebut, dari hasil *oil used analysis* yang terjadi pada *gearbox overhead crane* termasuk dalam kondisi *critical (high fault)*, sehingga perlu dilakukan *maintenace* dengan mengganti part *gears* dengan *part* yang baru

5.2. Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Diharapkan ada kelanjutan analisa dalam hal perhitungan efisiensi pada gearbox mesin Overhead crane pada PT. INKA (Persero) Madiun.
2. Penggunaan SOP harus diterapkan sehingga tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan dan membahayakan bagi karyawan dan pihak- pihak yang terlibat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Booser, E Richard. **TRIBOLOGY DATA HANDBOOK**. CRC Press Boca Raton. New York. 1997
2. Higgins, Lindley R., dan Keith R, Mobbley. **Maintenance Engineering Handbook**, Sixth Edition. McGraw-Hill. New York. 2002
3. Keith R. Mobbley. **An Introduction To Predictive Maintenance**, Second Edition, Elsevier Science. New York. 2002
4. Wikipedia, 2016. *Crane (machine)*. [online] Tersedia di: [https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_\(machine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Crane_(machine)). [Diakses 26 juli 2016]
5. *Operating instructions Demag Overhead Crane, Demag Cranes & Components. Jerman. 2005*

BIODATA PENULIS



Tomy Karunia Setiawan adalah nama penulis yang merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Kusmin dan Ibu Retno Suheny yang memiliki dua kakak kandung. Penulis lahir di kota Jayapura pada tanggal 1 November 1993. Jenjang pendidikan yang telah ditempuh berada di TK Kartika Madiun, SD Negeri 1 Taman Madiun, SMP Negeri 2 Madiun dan SMA Negeri 2 Madiun. Pada tahun 2012 setelah lulus SMA penulis diterima di

Program D3 Reguler ITS jurusan Teknik Mesin dan mengambil bidang Konversi Energi sebagai bidang keahlian.

Pada saat menempuh kuliah penulis telah melakukan kerja praktek di PT.INKA Madiun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa D3 Teknik mesin FTI-ITS khususnya, serta untuk kebermanfaatan orang banyak.

Alamat e-mail penulis : tomyks11193@gmail.com